

---

# **ANNUAL REPORT**

**of the**

**Inter-American Tropical Tuna Commission**

---

**1986**

---

# **INFORME ANUAL**

**de la**

**Comisión Interamericana del Atún Tropical**

---

**La Jolla, California  
1987**

## CONTENTS-INDICE

### ENGLISH VERSION-VERSION EN INGLES

	Page
INTRODUCTION .....	7
COMMISSION MEETINGS .....	8
ADMINISTRATION .....	8
Budget.....	8
Financial statement.....	8
INTER-AGENCY COOPERATION.....	8
FIELD STATIONS .....	9
PUBLICATIONS AND REPORTS.....	10
THE FISHERY IN 1986.....	10
Statistics of catches and landings.....	11
The eastern Pacific Ocean tuna fleet.....	13
RESEARCH IN 1986 .....	14
Abundance of tunas and success of fishing.....	14
Tuna biology .....	18
Oceanography and tuna ecology .....	31
Tuna-dolphin investigations .....	35
STATUS OF THE TUNA STOCKS IN 1986 AND OUTLOOK FOR 1987 .....	49
Yellowfin .....	49
Skipjack .....	67
Bigeye .....	72
Northern bluefin.....	75
Black skipjack.....	78
<hr/>	
FIGURES AND TABLES-FIGURAS Y TABLAS .....	81

## VERSION EN ESPAÑOL-SPANISH VERSION

	Página
INTRODUCCION .....	173
REUNIONES DE LA COMISION .....	174
ADMINISTRACION .....	174
Presupuesto .....	174
Informe financiero .....	174
COLABORACION ENTRE ENTIDADES AFINES .....	174
OFICINAS REGIONALES.....	175
PUBLICACIONES E INFORMES .....	176
LA PESCA EN 1986.....	176
Estadísticas de capturas y desembarcos .....	177
La flota atunera del Océano Pacífico oriental.....	180
INVESTIGACION EN 1986.....	181
Abundancia de los túnidos y exito de la pesca.....	181
Biología de los túnidos.....	186
Oceanografía y ecología del atún .....	200
Investigaciones atún-delfín.....	205
SITUACION DE LOS STOCKS DE ATUN EN 1986 Y PERSPECTIVAS PARA 1987.....	220
Atún aleta amarilla.....	220
Atun barrilete .....	240
Patudo .....	246
Atún aleta azul del norte .....	249
Barrilete negro .....	253
<hr/>	
<b>APPENDIX 1-APENDICE 1</b>	
STAFF-PERSONAL.....	255
<b>APPENDIX 2-APENDICE 2</b>	
FINANCIAL STATEMENT-DECLARACION FINANCIERA.....	259
<b>APPENDIX 3-APENDICE 3</b>	
PUBLICATIONS-PUBLICACIONES .....	263





**COMMISSIONERS OF THE INTER-AMERICAN TROPICAL TUNA  
COMMISSION AND THEIR PERIODS OF SERVICE FROM ITS  
INCEPTION IN 1950 UNTIL DECEMBER 31, 1986**

**LOS DELEGADOS DE LA COMISION INTERAMERICANA DEL ATUN  
TROPICAL Y SUS PERIODOS DE SERVICIO DESDE LA INICIACION  
EN 1950 HASTA EL 31 DE DICIEMBRE DE 1986**

**COSTA RICA**

Virgilio Aguiluz .....	1950-1965
José L. Cardona-Cooper .....	1950-1979
Victor Nigro .....	1950-1969
Fernando Flores B .....	1958-1977
Milton H. López G .....	1965-1977
Eduardo Beeche T .....	1969-1971
Francisco Terán Valls .....	1971-1977
Manuel Freer .....	1977-1979
Gabriela Myers .....	1977-1979
Rodolfo Sáenz O .....	1977-1979

**UNITED STATES OF AMERICA**

Lee F. Payne .....	1950-1961 <sup>1</sup>
Milton C. James .....	1950-1951
Gordon W. Sloan .....	1951-1957
John L. Kask .....	1952
John L. Farley .....	1953-1956
Arnie J. Suomela .....	1957-1959
Robert L. Jones .....	1958-1965 <sup>2</sup>
Eugene D. Bennett .....	1950-1968 <sup>3</sup>
J. L. McHugh .....	1960-1970
John G. Driscoll, Jr .....	1962-1975 <sup>4</sup>
William H. Holmstrom .....	1966-1973
Donald P. Loker .....	1969-1976
William M. Terry .....	1970-1973 <sup>5</sup>
Steven E. Shanes .....	1973-1974
Robert C. Macdonald .....	1973-
Wilvan G. Van Campen .....	1974-1976
Jack Gorby .....	1975-
Glen H. Copeland .....	1976-1977
Wymberley Coerr .....	1977-
Henry R. Beasley .....	1986-

**PANAMA**

Miguel A. Corro .....	1953-1957
Domingo A. Díaz .....	1953-1957
Walter Myers, Jr .....	1953-1957
Juan L. de Obarrio .....	1958-1980
Richard Eisenmann .....	1958-1960
Gabriel Galindo .....	1958-1960
Harmodio Arias, Jr .....	1961-1962
Roberto Novey .....	1961-1962
Carlos A. López Guevara .....	1962-1974
Dora de Lanzner .....	1963-1972
Camilo Quintero .....	1963-1972
Arquímedes Franqueza .....	1972-1974
Federico Humbert, Jr .....	1972-1974
Carolina T. de Mouritzen .....	1974-1985
Jaime Valdez .....	1974-1985
Carlos Arellano L .....	1980-1983
Luis E. Rodríguez .....	1980-1984
Armando Martínez .....	1984-
Carlos Icaza .....	1985-

**ECUADOR**

César Raza .....	1961-1962
Enrique Ponce y Cabro .....	1961-1963
Pedro José Arteta .....	1961-1962
Eduardo Burneo .....	1961-1965
Héctor A. Chiriboga .....	1963-1966
Francisco Baquerizo .....	1963
Vicente Tamariz A .....	1964-1965
Wilson Vela H .....	1966-1968
Luis Pareja P .....	1966-1968
Vinicio Reyes E .....	1966-1968

**MEXICO**

Rodolfo Ramírez G .....	1964-1966
Mauro Cárdenas F .....	1964-1968
Hector Chapa Saldaña .....	1964-1968
Maria Emilia Téllez B .....	1964-1971
Juan Luis Cifuentes L .....	1967-1970
Alejandro Cervantes D .....	1960-1978
Amin Zarur M .....	1968-1970
Arturo Díaz R .....	1970-1978
Joaquin Mercado F .....	1970-1977
Pedro Mercado S .....	1970-1975
Fernando Castro y Castro .....	1975-1977

**CANADA**

Emerson Gennis .....	1968-1969
Alfred W. H. Needler .....	1968-1972
E. Blyth Young .....	1968-1980
Leo E. Labrosse .....	1970-1972
Robert L. Payne .....	1970-1974
G. Ernest Waring .....	1970-1976
S. Noel Tibbo .....	1970-1977
James S. Beckett .....	1977-1984
Michael Hunter .....	1981-1984

**JAPAN**

Tomonari Matsushita .....	1971-1973
Shoichi Masuda .....	1971-1985
Fumihiko Suzuki .....	1971-1972
Seiya Nishida .....	1972-1974
Kunio Yonezawa .....	1973-1979
Harunori Kaya .....	1974-1976
Michio Mizoguchi .....	1976-1977
Michihiko Junihiro .....	1979-1980
Tatsuo Saito .....	1979-1983
Toshio Isogai .....	1980-1983
Susumu Akiyama .....	1984-1986
Ryuichi Tanabe .....	1984-1985
Satoshi Moriya .....	1985-
Yamato Ueda .....	1985-
Takehisa Nogami .....	1986-

**FRANCE**

Serge Garache .....	1973-
Robert Letaconnoux .....	1973-1983
Rene Thibaudau .....	1976-1977
Maurice Fourneyron .....	1980-

**NICARAGUA**

Gilberto Bergman Padilla .....	1973-1980
Antonio Flores Arana .....	1973-1978
Jose B. Godoy .....	1976-1980
Octavio Gutierrez D .....	1977-1980
Jamil Urroz E .....	1977-1985
Abelino Aróstegui Valladares .....	1985-

<sup>1</sup>Deceased in service April 10, 1961

<sup>1</sup>Murió en servicio activo el 10 de abril de 1961

<sup>2</sup>Deceased in service April 26, 1965

<sup>2</sup>Murió en servicio activo el 26 de abril de 1965

<sup>3</sup>Deceased in service December 18, 1968

<sup>3</sup>Murió en servicio activo el 18 de diciembre de 1968

<sup>4</sup>Deceased in service May 5, 1973

<sup>4</sup>Murió en servicio activo el 5 de mayo de 1973

<sup>5</sup>Deceased in service October 16, 1975

<sup>5</sup>Murió en servicio activo el 16 de octubre de 1975



## **ANNUAL REPORT OF THE INTER-AMERICAN TROPICAL TUNA COMMISSION, 1986**

### **INTRODUCTION**

The Inter-American Tropical Tuna Commission operates under the authority and direction of a convention originally entered into by Costa Rica and the United States. The convention, which came into force in 1950, is open to adherence by other governments whose nationals fish for tropical tunas in the eastern Pacific Ocean. Under this provision Panama adhered in 1953, Ecuador in 1961, Mexico in 1964, Canada in 1968, Japan in 1970, and France and Nicaragua in 1973. Ecuador withdrew from the Commission in 1968, Mexico in 1978, Costa Rica in 1979, and Canada in 1984.

The principal duties of the Commission under the convention are (1) to study the biology of the tunas and related species of the eastern Pacific Ocean with a view to determining the effects that fishing and natural factors have on their abundance and (2) to recommend appropriate conservation measures so that the stocks of fish can be maintained at levels which will afford maximum sustainable catches.

In 1976 the Commission's duties were broadened to include problems arising from the tuna-dolphin relationship in the eastern Pacific Ocean. As its objectives it was agreed that, "the Commission should strive [1] to maintain a high level of tuna production and also [2] to maintain porpoise stocks at or above levels that assure their survival in perpetuity, [3] with every reasonable effort being made to avoid needless or careless killing of porpoise." The specific areas of involvement were to be (1) monitoring population sizes and mortality incidental to fishing through the collection of data aboard tuna purse seiners, (2) aerial surveys and dolphin tagging, (3) analyses of indices of abundance of dolphins and computer simulation studies, and (4) gear and behavioral research and education.

To carry out these missions, the Commission is required to conduct a wide variety of investigations at sea, in ports where tunas are landed, and in the laboratory. The research is carried out by a permanent, internationally-recruited research and support staff selected and employed by the Director (Appendix 1), who is directly responsible to the Commission.

The scientific program is now in its 36th year. The results of its research are published by the Commission in its Bulletin series in English and Spanish, its two official languages. Reviews of each year's operations and activities are reported upon in its Annual Report, also in the two languages. Other studies are published in the Commission's Special Report series and in books, outside scientific journals, and trade journals. By the end of 1986 the IATTC staff had published 122 Bulletins, 35 Annual Reports, 5 Special Reports, 5 books, and 291 chapters and articles in books and outside journals. All reports have been given worldwide distribution, and thus have been made available for the critical scrutiny of a wide selection of the world's scientific community.

### **COMMISSION MEETINGS**

No Commission meeting was held in 1986. Since 1972 its principal meetings have been held in October, November, or December so that the staff's recommendations for regulations for the following year could be considered before the start of the fishing year. The fishery has not been regulated since 1979, however, so at the 43rd meeting in 1985 it was decided to have the next meeting in May 1987. This would make it possible for the staff to make presentations based upon nearly complete catch and effort statistics for 1986, rather than preliminary data, which would have been the case if the meeting had been held during the last quarter of 1986.

### **ADMINISTRATION**

#### **BUDGET**

At its 41st meeting, held in Ottawa, Canada, on October 19 and 20, 1983, the Commission unanimously approved the budget for the 1985-1986 fiscal year, submitted by the Director, in the amount of \$2,992,567. However the final amount received from the member nations in the 1985-1986 fiscal year was \$2,753,320, a shortfall of \$239,247 from the amount which was recommended and approved. As a consequence the staff cancelled its plans for tagging experiments for that fiscal year.

#### **FINANCIAL STATEMENT**

The Commission's financial accounts for fiscal year 1985-1986 were audited by Peat, Marwick, Mitchell and Co. Summary tables of its report are shown in Appendix 2 of this report.

### **INTER-AGENCY COOPERATION**

During 1986 the scientific staff continued to maintain close contact with university, governmental, and private research organizations and institutions on the local, national, and international level. This contact enabled the staff to keep abreast of the rapid advances and developments taking place in fisheries research and oceanography throughout the world. Some aspects of these relationships are described below.

The Commission's headquarters are located on the campus of Scripps Institution of Oceanography in La Jolla, California, one of the major world centers for the study of marine science and the headquarters for state and federal agencies involved in fisheries, oceanography, and ancillary sciences. This situation provides the staff an excellent opportunity to maintain frequent contact with scientists of these organizations.

The cordial and productive relationships which this Commission has enjoyed with the Comisión Permanente del Pacífico Sur, the Food and Agriculture

Organization (FAO) of the United Nations, the International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas (ICCAT), the South Pacific Commission (SPC), and other international bodies continued during 1986. During 1985 the Commission initiated cooperation with a new fisheries organization, Organización Latinoamericana de Desarrollo Pesquero (OLDEPESCA), which was established in 1984 within the framework of the Sistema Económico de América Latina (SELA), and this continued in 1986. Also during 1985 and 1986 the Commission worked closely with the United Nations Environmental Programme (UNEP), particularly through its Global Plan of Action for the Conservation, Management, and Utilization of Marine Mammals. The work has centered on expanding the Commission's tuna-dolphin program in Latin America. UNEP funding was provided to facilitate this work.

Also during 1986 the Commission maintained close working relationships with fishery agencies of its member countries, as well as similar institutions in many non-member countries in various parts of the world. Since 1977 the IATTC staff has been training scientific technicians for placement aboard tuna vessels to collect data on abundance, mortality, and other aspects of the biology of dolphins. Government organizations, educational institutions, and industry representatives from the various countries involved have cooperated fully in the training and placement of these technicians. Over the years scientists from many countries have spent several weeks or months at the Commission's headquarters in La Jolla working on materials and data they have brought with them, using methods shown to them by IATTC scientists. In 1986, for example, a graduate student from the University of British Columbia was trained in techniques to be used for study of otoliths of small yellowfin to be collected in the Philippines for research to be carried out under the supervision of the Indo-Pacific Development and Management Programme.

The establishment by the Commission of a research facility in Panama, described in the section entitled *Field Stations*, is giving the staff the opportunity to work more closely with Panamanian fisheries personnel. The presence of Commission scientists at this laboratory has made it possible to provide assistance to local scientists in the implementation of research projects on species other than tunas, *e.g.* snappers. Considerable progress has been made in the snapper program; this subject is discussed in the section entitled *Achotines laboratory*.

## FIELD STATIONS

The Commission maintains field offices in San Pedro, California, Manta, Ecuador, Ensenada, Mexico, Panama, Republic of Panama, Coishco, Peru, Mayaguez, Puerto Rico, and Cumaná, Venezuela. The scientists and technicians stationed at these offices collect landings statistics, abstract the logbooks of tuna vessels to get catch and effort data, measure fish and collect other biological data, and assist with the training and placement of scientific technicians aboard vessels participating in the Commission's tuna-dolphin program. This work is carried out not only in the above-named ports, but also in other ports in Colombia, Costa Rica,

Ecuador, Mexico, Panama, Peru, Puerto Rico, and Venezuela, which are visited periodically by these employees. Not all of these tasks are performed by Commission employees in all the above-named countries, however; for example, in 1986 they have participated in the tuna-dolphin work only in Ecuador, Mexico, Panama, and Venezuela.

In addition, the Commission maintains a laboratory at Achotines Bay, just west of Punta Mala on the Azuero Peninsula of Panama. The Achotines laboratory is used principally for studies of the early life history of tunas. Such studies are of great importance, as acquisition of knowledge of the life history of tunas prior to recruitment into the fishery would eliminate much of the uncertainty which currently exists in the staff's assessments of the condition of the various stocks of tunas. The Commission plans to enlarge the laboratory facilities so that there will be adequate space for investigators from other agencies, such as Panama's Dirección General de Recursos Marinos, the University of Panama, etc.

### **PUBLICATIONS AND REPORTS**

The prompt and complete publication of research is one of the most important elements of the Commission's program of scientific investigations. By this means the member governments, the scientific community, and the public at large are currently informed of the research findings of the IATTC staff. The publication of basic data, methods of analysis, and conclusions afford the opportunity for critical review by other scientists, ensuring the soundness of the conclusions reached by the IATTC staff, as well as enlisting the interest of other scientists in the Commission's research. The publications by staff members received during 1986 are listed in Appendix 3 of this report.

### **THE FISHERY IN 1986**

During past years catch quotas for yellowfin for the Commission's Yellowfin Regulatory Area (CYRA, Figure 1) have been recommended by the IATTC staff and variously adopted in Commission resolutions and implemented by the countries participating in the fishery. Quotas for 1966 through 1979 were adopted and implemented. At its 37th meeting, held in October 1979, the Commission was unable to arrive at an agreement concerning a yellowfin conservation program for 1980; it subsequently agreed to a quota of 165,000 short tons, with provisions to increase it at the discretion of the Director, but the quota was not implemented. At the 38th through 42nd meetings the IATTC staff recommended quotas of 160,000 tons for 1981 and 1982, 170,000 tons for 1983, 162,000 tons for 1984, and 174,000 tons for 1985 with provisions for increases by the Director based on findings of the staff regarding the status of the stock. These quotas were adopted, but not implemented. At the 43rd meeting, held in October 1985, the IATTC staff recommended a quota for 1986 of 175,000 tons, with provisions for increases up to 205,000 tons. Again the quota was adopted (see the resolution in the IATTC Annual Report for 1985), but not implemented.

It has not been demonstrated to date that there is a need for conservation measures for the other species of tunas harvested in the eastern Pacific Ocean (EPO) fishery.

## STATISTICS OF CATCHES AND LANDINGS

Statistical data from the Commission's field stations are continuously being collected and processed. As a result, estimates of fisheries statistics with varying degrees of accuracy and precision are available. As it may require a year or more to obtain some final information, the annual statistics reported here are the most current, and supersede earlier reported statistics. The weights are reported in short tons.

Annual catch estimates for the various species of tunas and other fishes landed by vessels fishing at least part of the year in the CYRA for yellowfin, skipjack, or bluefin during the 1961-1986 period are shown in Table 1. (This table includes only the catches by surface gear, except that longline catches of yellowfin in the CYRA are included.) The catch data for yellowfin in the CYRA and skipjack and bluefin in the EPO are essentially complete except for insignificant catches made of all three species by the sport and artisanal fisheries and of skipjack and bluefin by the longline fishery. The western Pacific and Atlantic Ocean catch data in Table 1 are not total catch estimates for those waters because data for vessels which had not fished in the CYRA during the year in question are not included. Also, large amounts of bigeye taken by longline in the eastern Pacific are not included in Table 1; they are shown in Table 30, however.

Preliminary estimates indicate that the 1986 harvest of yellowfin in the EPO will be the greatest in history, with a CYRA catch of about 253 thousand tons and a harvest from waters between the CYRA and 150°W ("outside" in Table 1) of about 43 thousand tons. This catch of nearly 296 thousand tons is about 35 thousand tons greater than the previous record of 261 thousand tons in 1976. During the 1976-1985 period the yellowfin catch in the CYRA averaged about 168 thousand tons (range: 91 to 217 thousand tons) and in the EPO about 191 thousand tons (105 to 261 thousand tons). The high 1986 catch was partly due to the fact that reduced yellowfin catches in the EPO in 1982 and 1983 (139 and 105 thousand tons, respectively) provided an opportunity for increased population size. The low catch in 1983 was principally the result of low vulnerability to capture of the fish due to oceanographic conditions and a shift of effort from the eastern to the western Pacific.

The 1986 skipjack catch in the EPO was only about 70 thousand tons, which is about 37 percent of the 1978 high of 187 thousand tons. During the 1976-1985 period the skipjack catch in the EPO averaged about 114 thousand tons (range: 55 to 187 thousand tons). Since 1983, however, the harvest of skipjack has ranged from 55 to 70 thousand tons. It is believed that this is due at least in part to a low demand for skipjack and resultant concentration of fishing effort in areas where yellowfin predominate.

The 1986 estimated EPO catch of all tunas of about 376 thousand tons has been exceeded only three times before (1975, 398 thousand tons; 1976, 435 thousand tons; and 1978, 417 thousand tons).

Tuna vessels fishing in the EPO occasionally fish in other areas in the same year. In 1986 some vessels which were part of the EPO fleet also fished in the western Pacific or in the Atlantic and Caribbean. The 1980-1985 average catch by these vessels in the western Pacific was about 25 thousand tons (range: 6 to 84 thousand tons), and in the Atlantic and Caribbean about 12 thousand tons (9 to 17 thousand tons). The maximum catches in these areas by vessels of the EPO fleet were made in 1983, the year of the lowest total catch in the EPO (181 thousand tons) since 1961. Preliminary estimates indicate that the 1986 total catches in these areas by vessels of the EPO fleet were about 8 thousand tons in the western Pacific and 3 thousand tons in the Atlantic and Caribbean.

The 1985 and preliminary 1986 catches by flag, and landings by country, of tunas in the CYRA and the EPO are given in Tables 2-5. The landings are fish unloaded during a calendar year, regardless of the year of catch. The country of landing is that in which the fish were unloaded from the fishing vessel or, in the case of transshipments, the country which received the transshipped fish. Beginning in 1984 the owners of U.S.-flag vessels began chartering their services to companies in Ecuador and Venezuela. The 1985 catch of U.S.-flag vessels includes the catches of two vessels under charter to an Ecuadorian company and seven vessels under charter to a Venezuelan company, for all or part of the year. The 1986 catches include the catches of three vessels under charter to a Venezuelan company.

Yellowfin was by far the most important component of the total harvest in both 1985 and 1986, making up 78 percent of the total catch of all species in the EPO in 1985 and about 79 percent in 1986. Of the total 1985 EPO yellowfin catch of 240 thousand tons, 90 percent was harvested in the CYRA. In 1986 86 percent of the catch of 296 thousand tons was made in the CYRA. In 1985 and 1986 Ecuadorian-, Mexican-, and U.S.-flag vessels made most of the total catches in the CYRA, 79 percent in 1985 and about 74 percent in 1986. Outside the CYRA Mexican- and U.S.-flag vessels harvested 95 percent and about 99 percent of the total catches in 1985 and 1986, respectively.

The tunas caught in the CYRA in 1985 and 1986 were landed primarily in Ecuador, Mexico, and the United States, with these three nations accounting for 81 percent of the landed fish in 1985 and about 71 percent in 1986. Those caught outside the CYRA in those two years went mostly to Italy and the United States (81 percent in 1985 and 93 percent in 1986).

During the 1981-1985 period about 50 percent of the logged EPO catch of yellowfin has been taken between 5°N and 15°N (Tables 6 and 7). Preliminary 1986 estimates show that about 75 to 80 percent of the yellowfin catch was taken in this region. The distribution of the logged purse-seine catch of yellowfin in the eastern Pacific is shown in Figure 2. For skipjack, waters south of 10°N have



provided about 70 percent of the logged catch during the 1981-1985 period, with about 20 percent being harvested south of the equator (Tables 6 and 7). Preliminary estimates for 1986 show that about 90 percent of the total EPO logged skipjack harvest was made south of 10°N, but only about 5 percent of this was made south of the equator (Tables 6 and 7). The distribution of the logged purse-seine catch of skipjack in the eastern Pacific is shown in Figure 3.

Under the terms of the convention which established the Inter-American Tropical Tuna Commission, monitoring of the condition of the stocks of tunas and other species taken in the eastern Pacific Ocean by tuna fisheries is the primary objective of the Commission's research. Taking into consideration the migratory habits of the tunas, the mobility of the vessels of the tuna fleets of various nations, and the international nature of the tuna trade, statistics on the catch and effort from the eastern Pacific must be viewed in the light of global statistics.

The IATTC staff routinely estimates the global catches of the tunas and related species. The methodology of obtaining the estimates is described in IATTC Internal Report 11. The estimated global catches of tunas and related species for 1985, the most recent year for which data are available, are presented in Figures 4 and 5. An overview of the catches of the principal market species of tunas during 1975-1985 by oceans appears in Figure 6.

## THE EASTERN PACIFIC OCEAN TUNA FLEET

The IATTC staff maintains records of gear, flag, and fish-carrying capacity for most of the vessels which fish for yellowfin, skipjack, or bluefin in the eastern Pacific Ocean. Records have not been maintained for far east-flag longline vessels, nor for sport-fishing vessels and small craft such as canoes or launches.

The vessels are grouped into the following carrying capacity size classes for reporting purposes: class 1, less than 51 tons; class 2, 51-100 tons; class 3, 101-200 tons; class 4, 201-300 tons; class 5, 301-400 tons; and class 6, more than 400 tons. (These are not to be confused with the eight size groups used for calculation of the catch per ton of carrying capacity in the section entitled *Catch per ton of carrying capacity*.) The landing records of each vessel are reviewed annually, and the carrying capacities are revised when necessary. Owners' and builders' estimates of capacity are used for new vessels. Except far east-flag longliners and miscellaneous small vessels mentioned in the previous paragraph, all vessels which fished in the EPO during the year are included in the annual estimates of the size of the surface fleet. Vessels which changed flag during a year are listed under their new flag if a fishing trip was started under the new flag during the year.

Due to the construction of new, large purse seiners, the fleet capacity increased from about 46,300 tons in 1967 to 184,900 tons in 1976. During the 1977-1981 period the fleet capacity remained fairly stable, increasing by only about 1,500 tons. During that period the construction of new vessels continued, but that was offset by losses due to sinkings and vessels leaving the fishery. In 1982 the fleet

capacity declined by about 16,000 tons as vessels sank or were deactivated or as they left the EPO to fish in other areas, primarily the western Pacific. This trend continued through 1984 as the catch rates in the EPO declined due to the El Niño of 1982-1983. During 1983 the fleet capacity declined by about 29,000 tons, and in 1984 it declined an additional 25,300 tons. The fleet capacity in 1984, about 116,400 tons, was the lowest it had been since 1971. In 1985, however, due primarily to the return of vessels from the western Pacific, the capacity increased to 129,500 tons. Annual estimates of the number and carrying capacity of surface-gear vessels fishing in the EPO each year from 1965 through 1986, and the change in capacity from the previous year, are shown in Table 8.

The number and carrying capacity of surface-gear vessels in the 1986 EPO fleet are shown in Table 9 by flag, gear, and size class. The 1986 fleet size was about 7 thousand tons less than that of 1985. Of the total fleet size of about 123 thousand tons, about 121 thousand tons were purse-seine vessels and the remaining 2 thousand tons were baitboats. All the jig boats in the 1985 fleet left the fishery before 1986. Vessels from 11 nations were included in the EPO surface gear fishery, with about 67 percent of the 176 vessels operating under Mexican and U.S. flags, 55 and 61 vessels respectively. These 116 vessels accounted for about 86 thousand tons capacity. In 1985 Mexican- and U.S.-flag vessels accounted for 142 vessels of the 197-vessel EPO fleet, and about 97 thousand of the 129 thousand tons of capacity.

## RESEARCH IN 1986

### ABUNDANCE OF TUNAS AND SUCCESS OF FISHING

#### *Annual trends in catch per unit of effort (CPUE)*

Catch per days fishing (CPDF) and catch per standard days fishing (CPSDF) are used by the IATTC staff as indices of apparent abundance and as general measures of fishing success. The data are obtained from logbook records as supplied by most of the vessels which fish for tunas in the eastern Pacific Ocean. The data which do not meet certain criteria for species composition and accuracy are eliminated from consideration before proceeding with the calculations. During the 1950's, when most of the catch was taken by baitboats, catch and CPDF data for baitboats of different size classes were standardized to calculate the CPSDF for Class-4 baitboats (vessels with capacities of 201-300 short tons of frozen tuna). Later, when most of the baitboats were converted to purse seiners, the catch and CPDF data for purse seiners were standardized to calculate the CDSDF for Class-3 purse seiners (vessels with capacities of 101 to 200 short tons). The next steps, as smaller vessels were replaced by larger ones, were calculation of the CPSDF for Class-6 purse seiners (vessels with capacities of more than 400 short tons) and finally calculation of the CPDF for Class-6 purse seiners, ignoring the data for the smaller vessels. The CPDF and CPSDF may be influenced by such factors as spatial and temporal changes in fishing strategy, distribution of effort, and vulnerability of the fish to capture. Some of these changes have been estimated

and adjusted for, and others, such as those due to environmental conditions, are assumed to average out over the long term.

CPUE data for 1959-1986 for yellowfin and skipjack combined are shown in the upper panel of Figure 7. The data for 1968-1986 are CPDF data for Class-6 purse seiners. Those for 1959-1967 are CPSDF data for Class-4 baitboats, multiplied by 2.82 to adjust for the fact that Class-6 purse seiners are about 2.82 times as efficient as Class-4 baitboats. The adjustment factor of 2.82 was calculated from CPDF data for yellowfin and skipjack combined for Class-6 purse seiners and Class-4 baitboats fishing in the same area-time strata during the 1965-1974 period, when there were sufficient numbers of both types of vessels in the fishery. Because the 1968-1986 data are CPDF data for Class-6 vessels and those for 1959-1967 are adjusted to the equivalent of CPDF for Class-6 vessels, they will henceforth be referred to as CPDF data.

The total catches of yellowfin and skipjack east of 150°W combined for each year were divided by the CPDF for both species for unregulated trips to estimate the total effort in Class-6 purse-seine days. These estimates of total effort were divided into the total catches of yellowfin and of skipjack to obtain the CPDFs for each species separately. These are shown in the middle and lower panels of Figure 7.

### ***Yellowfin***

The preliminary CPDF value of 16.2 tons per day for 1986 is the greatest on record. The previous highs were 14.3 tons in 1968 and 14.2 tons in 1960. During the 1959-1972 period the CPDF ranged from about 9 to 14 tons per day, with lows in 1959, 1962, and 1971 and highs in 1960, 1968, and 1969. Beginning in 1973 the CPDF declined to a low of 4.9 tons in 1982. Since then there has been a remarkable recovery. The fishery has changed considerably since the 1960's, however, so caution should be used in comparing the data for the earlier years with those for the more recent ones. The principal problem is caused by the fact that the baitboat fishery operates relatively near shore and almost entirely north of 15°N, whereas the purse-seine fishery operates also far offshore and as far south as about 20°S. The values in this figure differ somewhat from weighted averages of the CYRA and outside the CYRA CPDF values in Table 29 because the values in the figure were obtained from data on the total catches of yellowfin and skipjack, whereas those in the table were obtained from data for yellowfin catches only.

### ***Skipjack***

During the 1959-1968 period the CPDF for skipjack averaged about 10.0 tons per day, with a high of 16.0 tons in 1967 and a low of 5.5 tons in 1960. During the late 1960's many small purse seiners were replaced by larger ones which found it more profitable to fish in areas where yellowfin were more abundant and skipjack less so, which resulted in lower CPDF values for skipjack. During the 1969-1986 period the average CPDF was 4.2 tons per day, with a high of 7.5 tons in 1978 and lows of 2.4 tons in both 1972 and 1973. As is the case for yellowfin, caution

should be used in comparing the data for earlier and later years. In addition to the probable bias caused by the fact that the effort was directed more toward yellowfin and less toward skipjack during the more recent years, there is the problem caused by the restricted range of the baitboat fishery mentioned in the yellowfin section above.

#### ***Catch per ton of carrying capacity***

The EPO fleet's total catch per ton of carrying capacity (CPTCC) provides an index of trends in annual relative gross income for vessel size groups. To provide more detail in this index than would be available if the Commission's historical six classes of vessel capacity classification were used, the following size groups have been identified: 1, <301 tons; 2, 301-400 tons; 3, 401-600 tons; 4, 601-800 tons; 5, 801-1000 tons; 6, 1001-1200 tons; 7, 1201-1400 tons; and 8, >1400 tons.

CPTCC estimates for the 1974-1986 period are presented in Table 10 for the EPO and for all ocean fishing areas from which EPO fleet vessels harvested fish, by size group, area, and species. For the larger vessels yellowfin and skipjack contribute the most to the CPTCC, while other species, which includes other tunas as well as miscellaneous fishes, make up an important part of the CPTCC of the smaller vessels in many years. In earlier years, and in years when the majority of the EPO fleet exerts most of its fishing effort in the EPO, the CPTCCs for the EPO and all ocean fishing areas are nearly the same. During the 1974-1985 period the pooled CPTCC for all vessels and all species averaged 2.2 tons of fish per ton of carrying capacity with a range of 1.7 to 2.4; for yellowfin it averaged 1.3, with a range of 0.9 to 1.9, and for skipjack it averaged 0.8, with a range of 0.5 to 1.1. The preliminary estimates for 1986 are 3.0, 2.4, and 0.6 for all species, yellowfin, and skipjack, respectively.

#### ***Yellowfin catch rate analysis***

Some of the techniques used in IATTC Bulletin, Vol. 18, No. 4, for standardizing yellowfin catch rates to create better indices of abundance were compromises made necessary by limited computer resources. The resources available now make it possible to take full advantage of the method described in that report to get what are believed to be the best possible catch rate indices of abundance obtainable from the logbook data. For example, we can now display and explore data in ways not previously possible. Larger data subsets can be used in exploratory analyses and more categories can be used in the linear model. Furthermore, software is available for weighting linear models. For these and other reasons the method for standardizing yellowfin catch rates has been modified.

In Vol. 18, No. 4, one observation of catch rate refers to the sum of the yellowfin catch divided by the sum of the corresponding searching times for sets made by an individual vessel in a 5°-quadrangle-month (stratum). There are several reasons why this was done, rather than treating each set and its corresponding searching time as a separate observation. The most important of these was to try to prevent strata with many sets from receiving more weight than those with only a few sets. If this were not done the abundance estimate would be biased

toward the observed abundance in the strata with the most sets. This could lead to erroneous conclusions if most of the sets were made in strata where the abundance is greater (or less) than average. Although the strata are not weighted by the number of sets in Vol. 18, No. 4, which might have resulted in significant bias, it was not possible to weight them equally. Instead they were weighted by the number of vessels present in the strata. This was unavoidable because each vessel has different characteristics, such as speed, which are used as independent variables in the linear model. Thus one observation is needed for each vessel to standardize the catch rates by vessel characteristics.

On the other hand, separate observations were not used for each set type ("schoolfish," fish associated with floating objects ("logs"), and fish associated with dolphins) in a stratum. The strata were classified as more than  $\frac{2}{3}$  of the catch from dolphin sets or more than  $\frac{2}{3}$  from school + log sets. If more than  $\frac{1}{3}$  but less than  $\frac{2}{3}$  of the catch in a stratum came from dolphin sets all of the data in that stratum were excluded from the analysis. Also the size ( $5^\circ$ ), shape (quadrangle), and time interval (month) used to define the strata were arbitrary. Although it is impossible to compare analytically strata of all possible sizes, shapes, and time intervals, it is now possible to display the data in a way that a viewer can look at the sizes and shapes of areas through time which are relatively uniform in catch rate, set type, and other factors and quickly rule out many of the possible sizes, shapes, and time periods.

New methods of displaying the information were used for the 1970-1972, 1975-1976, and 1980-1985 data. The most interesting was 1981, in which all set types occurred almost simultaneously in all areas except the inshore area near Ecuador, where no dolphin sets were made. Many of the clusters of sets covered about  $5^\circ$  in both latitude and longitude and some fell between  $5^\circ$  boundaries. However, the 1981 display made it clear that any classification of time-area strata by set type would be inadequate. The only good way to use set types for the standardization of catch rates would be on a set-by-set basis.

Using individual sets as observations biases the abundance estimate toward the strata in which most of the sets were made. Therefore, a method was developed for weighting the observations in the linear model such that equal areas receive equal weight and each unit of effort receives equal weight within an area. However, the sums of squares from the weighted model are not distributed  $\chi^2$ , so the F test is not valid for testing whether a factor has a significant effect on catch rate. This makes it difficult to determine which factors should be included in the model. Including insignificant factors and interactions should be avoided because it could dilute real differences among years. On the other hand, excluding significant factors should be avoided because important standardization factors might also be excluded.

The following approach was used to solve this dilemma. Ten data subsets were created. Each subset was made up of one randomly-selected observation from each of the 4,498  $5^\circ$ -quadrangle-months that occurred in the full data set. These subsets have two important properties. First, all of the  $5^\circ$ -quadrangle-months have equal

weight. Second, since no weighting is necessary, the sums of squares are distributed  $\chi^2$ , and the F test can be used to build a model. A model selection procedure similar to the one described in IATTC Bulletin, Vol. 18, No. 4, was used on the 10 subsets. A summary of the results is shown in Table 11. In all 10 subsets the factors year, search type (Table 12), and vessel speed had significant ( $\alpha = 0.001$ ) effects on the catch rate. The interaction between time-area (Figure 8) and search type was also significant in all of the 10 subsets. Time-area was included in the model because the combined effect of time-area plus the interaction between searching time-area was significant in all 10 subsets. The other factors were rarely significant.

Abundance indices were then calculated by using the significant factors and all of the 83,483 observations in the weighted model. As shown in Figure 9, the trend of the annual estimates has both differences from and similarities to catch per day's fishing (CPDF). These estimates do not have the large fluctuations during 1970-1974 that CPDF shows; however, they do show the sharp decline in 1975 and a sharp recovery in 1976. Both the decline during 1976-1982 and the increase during 1983-1986 are more gradual. It appears that when the fishery switches from dolphin- to floating object-associated schools, as it did in 1973-1982, CPDF underestimates yellowfin abundance and that when the fishery switches back to dolphin-associated schools, as it did in 1984-1986, CPDF overestimates the abundance.

## TUNA BIOLOGY

### *Length studies*

Length-frequency samples of yellowfin, skipjack, bigeye, bluefin, and black skipjack from purse-seine and baitboat catches made in the eastern Pacific Ocean are collected by IATTC personnel at ports of landing in Ecuador, Mexico, Panama, Peru, the USA (California and Puerto Rico), and Venezuela. The catches of yellowfin and skipjack were first sampled by the IATTC staff in 1954, and sampling has continued to the present. Information obtained from length-frequency samples has been used for the staff's estimates of growth, mortality, yield per recruit, and year-class abundance. The results of these studies have been reported in several bulletins and in all annual reports since 1954.

### *Size composition of the catch*

The staff collected and processed approximately 821 yellowfin, 306 skipjack, 13 bigeye, 60 bluefin, and 7 black skipjack samples from the 1986 catch. Most of these were 50-fish samples. For both yellowfin and skipjack, the length-frequency samples are stratified by market measurement areas (Figure 10), months, and gear. Sampling within each stratum is done in two stages, with a boat "unit" (usually a well or pair of wells) as the first stage and individual fish as the second stage. The units within strata are sampled randomly and fish selected randomly from each sampled unit are individually measured. The total number of fish in each length group in a sampled unit is estimated by dividing the total

catch in weight in the unit by the average weight of the sampled fish in the unit and then multiplying this quotient by the fraction of the sampled fish in that length group. The stratum totals, in numbers of fish, for each length group are obtained by summing the totals for each sampled unit and then multiplying this total by the ratio of the weight of the logged catch of the stratum to the sum of weights of the sampled units. The quarterly and annual totals are obtained by summing the data for all the sampled strata for the quarter or year in question. The quarterly and annual average weights are obtained by summing over all the length groups in the quarterly or annual estimates and dividing the sum into the sum of the weights of the catches for all the sampled strata.

Histograms showing the estimated tons of yellowfin caught by 2-cm intervals, based on logged catches, for the market measurement areas of the CYRA (Figure 1) in 1986 are shown in Figure 11. The areas are arranged approximately from north (top) to south (bottom) in the figure. Most of the catch in Areas 1 and 8, both of which are north of 20°N, consisted of yellowfin less than 100 cm in length. Fish smaller than 100 cm were also an important part of the catch in Area 6 (inshore, from Panama to 5°S), although larger fish were about equally represented in the catch. The central areas, 4 and 5, which extend from about 5°N to 20°N, contributed about 75 percent of the CYRA yellowfin catch by weight. In Area 4 the size range of the catch was from about 44 to 170 cm and in Area 5 it was from about 32 to 170 cm. In both of these areas fish between 70 and 140 cm contributed the bulk of the catch.

Histograms showing the estimated tons of yellowfin caught by 2-cm intervals, based on logged catches, in the entire CYRA for 1981-1986 are shown in Figure 12. The preliminary estimate of the average weight for 1986, 27.1 pounds (12.3 kg) is 8.5 pounds (3.9 kg) less than the average weight for 1985, but it exceeds that of all years of the 1978-1984 period. The size distributions for 1985 and 1986 are quite similar in that fish smaller than 70 cm make up a smaller proportion of the catch than during 1981-1984.

Histograms showing the estimated tons of yellowfin caught by 2-cm intervals, based on logged catches, in the eastern Pacific Ocean between the CYRA boundary and 150°W for 1981-1986 are shown in Figure 13. In 1986, as in all previous years, the average size of yellowfin in this area was greater than in the CYRA. The preliminary estimate of the average weight for 1986, 77.0 pounds (34.9 kg), is 11.4 pounds (5.2 kg) greater than the estimate for 1985 and is the highest estimate of average weight since 1974.

Histograms showing the estimated tons of skipjack caught by 1-cm intervals, based on logged catches, for selected market measurement areas of the eastern Pacific Ocean in 1986 are shown in Figure 14. Areas 1 and 2 and Areas 7 and 13 have been combined and Areas 4, 8, and the area between the CYRA boundary and 150°W (Areas 10 and 11) are not shown because there were few skipjack caught there and, consequently, few length-frequency samples were taken from these areas. The average weight of skipjack was less in the northernmost areas (1 and 2) and in the southernmost areas (7 and 13) than in Areas 5 and 6. In Areas

5 and 6, which contributed about 86 percent of the eastern Pacific catch, skipjack larger than 55 cm were predominant, but in the other areas fish less than that length predominated.

Histograms showing the estimated tons of skipjack caught by 1-cm intervals, based on logged catches, in the eastern Pacific Ocean for 1981-1986 are shown in Figure 15. The preliminary estimate of the average weight for 1986, 7.1 pounds (3.2 kg), is 2.1 pounds (1.0 kg) less than the average weight for 1985, which was the highest on record. With the exception of the 1985 average weight, that for 1986 is the highest since 1976.

Histograms showing the estimated tons of surface-caught bigeye by 2-cm intervals in the eastern Pacific Ocean for 1981-1986 are shown in Figure 16. The surface catch of bigeye is incidental to that of yellowfin and skipjack, and the total catch (Table 1) and the number of length-frequency samples are much less than those for yellowfin and skipjack. Accurate estimates of the weight of bigeye in the sampling units is often lacking; therefore, individual samples have not been weighted by the estimated number of fish in the unit sampled. Little can be said about the size composition of the 1986 bigeye catch, as the total catch was approximately 1,700 tons, the lowest since 1974, and only 10 length-frequency samples were collected. The preliminary estimate of the average weight for 1986, 62.2 pounds (28.2 kg), is slightly below the 1985 average weight, but higher than any other annual values in recent years.

The size composition of the bluefin catch is discussed in the section entitled *Bluefin studies*.

#### ***Length-frequency sampling methods***

In general, the sampling plan applied to each species of tuna consists of a two-stage selection process. In the first stage, the primary sampling unit is a group of fish caught within a single month-area stratum by a particular vessel type, such as a purse seiner or baitboat. For example, on a purse seiner a unit may consist of a single set or several sets made over several days, and it may occupy all or part of one or more wells. The Commission's field station personnel use the vessel's logbook to identify and locate the potential number of sampling units aboard the vessel and the catches (tonnage) associated with them. The decision to further include or not include a unit in the sampling scheme can be influenced by several factors, such as the numbers of samples previously obtained for the stratum, but the choice is random with respect to the size of fish in the unit.

In the second sampling stage, if the fish are not sorted by size during the unloading process, 50 measurements are collected from the sampling unit. If the fish are sorted by size, 25 measurements are taken for each size category. In either case the measurements are usually collected over a relatively short period of time and from a sequence of fish that may be loosely related to the order in which they were removed from the well. This procedure is the result of the practical allocation of the sampler's time, the necessity of not hindering the unloading process, and the impossibility of collecting a random sample that strictly conforms to sampling



theory. For instance, the total number of fish in a well cannot be determined beforehand, so the fish cannot be numbered to facilitate a random selection. Instead, it is assumed that the fish are distributed randomly with respect to size within the unit and that the length-frequency sample is statistically representative of that distribution. The reliability of estimates derived from the length samples therefore depends on the validity of this assumption. Over time, changes in fishing and unloading procedures may affect this relationship, so it is necessary to evaluate periodically the effectiveness of the sampling program. A study has been initiated for this purpose.

Initially, the program will explore the characteristics and variability of yellowfin size distributions in sampling units on purse seiners. A substantial portion of the fish in a unit, usually a well, may have to be measured for this purpose because the variability can arise through size stratification by depth, set type (pure or mixed-species schools or schools caught in association or not in association with dolphins or logs), and composition (single or multiple sets). At another level of refinement it will be important to determine whether a greater source of variability exists among different units aboard the same vessel or among different vessels that have fished in the same month-area stratum.

To begin this investigation, every third yellowfin in the fish unloaded from two wells of a purse seiner was measured. The analysis of the data is not yet complete.

### ***Interaction of the surface and longline fisheries in the eastern Pacific***

Mr. Ziro Suzuki of the Far Seas Fisheries Research Laboratory (FSFRL), Shimizu, Japan, spent the period of May 12-June 20, 1986, at the IATTC headquarters in La Jolla, where he worked with IATTC staff members on the interaction between the purse-seine and longline fisheries for yellowfin in the eastern Pacific Ocean. This study employed data collected by the FSFRL on the longline catch in numbers of fish, effort in numbers of hooks, and length frequencies of longline-caught fish, plus data collected by the IATTC staff on the surface catch in tons, logged catch per Class-6 purse-seine day (CPDF), and length frequencies of surface-caught fish.

Using length-frequency and length-weight relationship data, the longline catch data in numbers of fish were converted to catch data in short tons. Then the catches in tons per hook by longline were compared to the CPDFs, and it was estimated that 73,800 hooks are equivalent to 1 day of Class-6 purse-seine effort. A graphical comparison of the result is shown in Figure 17. The trends in catch per unit of effort are surprisingly close, especially when considering that the spatial distributions of the effort, methods of fishing, and size compositions of the fish differ so much. Using the definition of large fish employed in Figure 41 of the IATTC Annual Report for 1984, the surface catches averaged 56 percent large fish by weight, while the longline catches averaged 97 percent large fish. Therefore the biomass data for large fish shown in that Annual Report were compared to the catches per unit of effort of large fish (Figure 18).

Since the catch from the surface fishery averaged 182 thousand tons per year and that from the longline fishery averaged 13 thousand tons, it seems likely that the surface fishery was the principal cause of the decline in yellowfin abundance and that the longline fishery was affected by that change.

### **Tagging**

The IATTC has initiated a program for tagging large yellowfin caught by sport fishermen aboard sport-fishing boats and injecting them with oxytetracycline before they are released. The fish are donated by sport fishermen after they have caught enough fish for their personal needs or the boat is full. The principal purpose of this program is to determine whether the increments formed on the otoliths of the larger fish are deposited daily, as has already been determined to be the case for smaller fish (IATTC Bulletin, Vol. 17, No. 7).

Twenty-two anglers fishing aboard the *Royal Polaris* at Clarion Island on January 27 and 28, 1986, caught, tagged, injected, and released 36 yellowfin estimated to weigh between 100 and 160 pounds (45 and 73 kg) each. Six of these fish have been recaptured, five by sport-fishing vessels and one by a purse seiner, but the otoliths have been obtained from only three of them. Preliminary examination of the otoliths has revealed that the oxytetracycline marks are discernible, and further study to determine whether the increments in the otoliths are formed daily will be commenced in 1987.

Tagging aboard sport-fishing vessels will continue on an opportunistic basis until a sufficient number of otoliths from previously tagged and injected fish has been obtained.

Analyses of the cohesiveness of schools of skipjack, as determined from tagging data, are described on pages 33-36 of the IATTC Annual Report for 1983. These studies were temporarily put aside due to problems with the average weight data. The IATTC staff had at that time determined that the weighted method was superior to the unweighted method for calculation of estimates of length-frequency distributions and average weights, but the weighted estimates had not yet been calculated for all the area-time strata for which adequate tagging data were available. (The weighted and unweighted methods are described on pages 23-24 of the IATTC Annual Report for 1985.) That problem has now been resolved for the area-time strata of concern, so the analyses were resumed.

Analyses similar to those performed with the data for the more important releases for Cruises 1070, 1079, and 1082 (all Baja California) and 1084 (Central America) were performed with the data for the major releases of Cruises 1042, 1043, and 1075 (all Baja California) and 1095 (Central America). The results are summarized in Table 13. The values under "Sets with 0, 1, 2, 3, . . . tagged fish" were obtained by summing the values for fish released on different days. For example, the data for Cruise 1042 include six release dates in June, so the values in the "Total" column are six times the values in the "Sets" column. The data show that the tagged fish of Cruises 1042 and 1043 were not randomly mixed with the untagged ones during the month after release, but aside from these the

two groups of fish appeared to be randomly mixed for all the experiments.

The analyses done previously with the data for Cruises 1070, 1079, 1082, and 1084 were repeated, using the average weight data obtained by the weighted method. The results were nearly the same as those obtained previously using the average weight data obtained by the unweighted method, so they are not shown in this report.

### ***Morphometrics of yellowfin***

Morphological characters, that is, measurements that describe body form, provide information useful for description of and differentiation among fish stocks. The IATTC staff has made three previous studies of the morphometrics of yellowfin, two during the 1950's (IATTC Bulletin, Vol. 1, No. 4, and Vol. 3, No. 8) and one during the 1970's (IATTC Annual Report for 1976: 33-34). The last study, for which blood samples as well as morphometric data were collected, was initiated in 1972. Until 1974 the samples came primarily from fish obtained at canneries which had been frozen and then thawed. From 1974 to 1976 56 samples were collected at sea from fresh fish from the northern, central, and southern regions of the eastern Pacific. Each consisted of approximately 50 fish. The eight measurements shown in Figure 19 were taken for each fish. The length range for the fish in these samples was approximately 40 to 100 cm.

The morphometric data collected during 1974-1976 will be analyzed, using multivariate statistical techniques. The objectives are (1) to determine whether allometry, *i.e.* dependency of shape on size, exists in the samples by fitting various mathematical functions to the data and, if it does, to calculate factors to adjust for it, (2) to analyze the data using multivariate procedures of principal component analysis, cluster analysis, and discriminate function analysis to determine if there are differences among areas, and (3) to attempt to interpret the results of these analyses with respect to the associated environmental factors within geographical regions through canonical correlation analysis.

A sample of 43 yellowfin ranging in length from 527 to 981 mm (average = 762 mm) collected at Clipperton Island during May 5-12, 1986, on the sport-fishing boat *Royal Polaris* was used for a preliminary study. Morphometric data were collected from these freshly-caught specimens, using linear measurements taken to the nearest millimeter with calipers. Each of the morphometric characters was found to be linearly related to total length ( $r^2 = 0.97-0.99$ ). Bivariate plots of the characters after transformation indicated allometry. Size could thus be confounding with respect to the objective of discrimination by shape, but the influence of allometric growth can be eliminated by using appropriate statistical procedures, thus adjusting the morphometric characters so they are independent of the fish's size. To adjust for length, the morphometric characters were first transformed to logarithms and regressed against the logarithm of the total length. Then the slope for each relationship was used to adjust the morphometric measurement for each fish to its value at the mean total length of all fish. This univariate process standardizes the variation about a single length, and allows for the discrimination of the fish on the basis of size-free shape.

The data for the 56 samples collected from fresh fish during 1974-1976 will be adjusted in the manner described above and by another multivariate solution using principal component analysis to obtain size-free morphometric measurements. Multivariate techniques of cluster and ordination analysis will then be used to explore for the presence of geographic variation in shape.

### ***Otolith studies***

A study of the growth of yellowfin in the eastern Pacific was completed and published during 1986 (IATTC Bulletin, Vol. 18, No. 6). The ages, in days, of fish in the length range of 30 to 170 cm were estimated by counting the number of increments on their otoliths. A previous study (IATTC Bulletin, Vol. 17, No. 7) showed that increments were deposited daily during growth in the interval from 40-110 cm. Although circumstantial evidence also supported the idea of daily deposition in the adjacent ranges of 0-40 cm and 110-170 cm, the assumption must be tested. The tetracycline injection experiments carried out on tagging cruises 1093, 1095, and 1096 during 1980-1981 and aboard sport-fishing boats during 1986 were designed particularly to test whether yellowfin larger than 110 cm continued to deposit daily increments. A program has been initiated to examine microscopically the otoliths of fish recaptured from these experiments. The mark associated with the day each fish was injected and released can be identified by inducing the tetracycline to fluoresce by means of ultraviolet light. The relationship between the elapsed time in days (d) from release to recapture and the number of increments (I) deposited can then be established by counting the number of increments from the mark to the posterior edge of the otolith. The results of examining 19 recaptured fish in the length range from 71 to 148 cm are summarized in the regression  $I = -1.164 + 1.008d$ , in which the slope (1.008) is not significantly different from 1. This result extends the validated range from 110 cm to 148 cm and adds further support to the assumption of daily deposition up to 170 cm. The relationship will continue to be reevaluated as more recaptured fish become available.

### ***Reproductive biology of yellowfin***

Knowledge of the reproductive biology of yellowfin is important for understanding of the population dynamics of this species. Previous studies have yielded some information on the locations and times of spawning, sex ratios, size at maturity, and fecundity. However, various aspects of the reproductive biology of yellowfin, including locations and times of spawning, size and age at maturity, and spawning frequency, are still not well understood. There is also a need to determine whether there is diversity with respect to reproductive characteristics of fish in different parts of the eastern Pacific. Further studies should contribute to an understanding of the link between spawning and recruitment and make it possible to evaluate the effect of fishing on the reproductive potential of the population.

To achieve these objectives the IATTC staff will conduct a large-scale sampling program designed to obtain the necessary samples to study yellowfin reproduction

at the population level. The sampling will be conducted at sea by technicians aboard purse-seine vessels to obtain gonad tissue samples from freshly-caught fish, which is necessary for histological purposes. The sampling will begin in 1987 and continue for at least 2 years.

The eastern Pacific will be divided into four sampling areas, 20°N-30°N, 10°N-20°N, 0°-10°N, and 0°-10°S. It is known from data on the distribution of yellowfin larvae and from gonad studies that yellowfin spawning occurs within these latitudinal ranges. The sampling program is designed to sample 10 fish in each 10-cm length class of the 50- to 150-cm interval each month in each area for 2 years.

The objectives are to determine (1) size-specific spawning locations and timing and duration of spawning, (2) length and age at sexual maturity of males and females, making it possible to derive predictive equations for the proportions of mature fish for each area, (3) fecundity for fish of different lengths and/or ages for each area, (4) spawning frequency and the annual fecundity estimates for each area, and (5) relationships, by area, of the timing of spawning with the associated climatic and hydrographic features.

As a preliminary step gonads were obtained from reproductively-active yellowfin at Clipperton Island on May 5-12, 1986, on board the sport-fishing boat *Royal Polaris*. During that period ovary samples were collected from 33 females, ranging from 915 to 1240 mm in length. These samples provided the basic information necessary to design a sampling program to collect material from the commercial fishery.

Spawning apparently occurred between 8:00 p.m. and midnight. This estimate is derived from the consistent occurrence of females during the afternoon (1:00 p.m. to 5:00 p.m.) with ovaries in the early migratory nucleus stage (which occurs just before hydration, which is followed then by ovulation) and the fact that the females collected between 2:30 a.m. and 4:00 a.m. had ovaries containing postovulatory follicles a few hours old. No fish were caught between 8:00 p.m. and midnight, the apparent time of spawning.

The best estimate of the frequency of spawning during the period of sampling at Clipperton Island was provided by the incidence of females with postovulatory follicles. Twenty-six of the 33 fish had postovulatory follicles in various stages of degeneration, indicating that 79 percent of the females had spawned within the past 24 hours. This indicates the mean interval between spawnings was 1.27 days for this sample, which means that spawning occurred nearly every day.

### ***Achotines laboratory***

#### ***Early life-history studies***

The Achotines laboratory was established to study the early life history of tunas. It is important to obtain more knowledge of the pre-recruitment stages of the fish to understand the effects of stock size and the environment upon recruitment. In addition, to derive the full benefit from the age determination

of tunas using their otoliths, it is necessary to test the current assumption that rings are formed on the otoliths at daily intervals during growth from 0 to 40 cm. After considering several locations along the Pacific coast of Central America, Achotines Bay on the southern tip of the Azuero Peninsula in the Los Santos province of Panama was selected as the laboratory site. This location abuts the tropical eastern Pacific Ocean at a point where black skipjack spawning is seasonally intense and where the 100-fathom depth contour is as close as 6.5 nautical miles (12 km) from shore, thereby providing ready access to oceanic waters where juvenile yellowfin tuna are known to occur. Achotines Bay provides a sheltered anchorage for small vessels and access to clean water with year-round temperatures between approximately 22° and 28°C (72° and 82°F).

Ten hectares (24.7 acres) of land were purchased in 1983 and development was gradually undertaken. Five small buildings were erected, a laboratory, an apartment block, housing for the generators, a kitchen-dining area, and a storage-dormitory unit, the last constructed in 1985. The laboratory structure was rebuilt during 1986 and a new seawater system was installed. The new wet and dry laboratory complex houses fish holding tanks, a water filtering system, a compressed air system, a microcomputer, and an apparatus for monitoring water temperature, oxygen content, salinity, and pH. The water system delivers 75 gallons (284 l) of good-quality seawater per minute from near the mouth of Achotines Bay to a 10,500-gallon (39,746-l) reservoir tank. Earthen ponds for culturing small fishes suitable as food for juvenile tunas and a culturing system for brine-shrimp (*Artemia*) are situated adjacent to the laboratory.

The IATTC research program at Achotines is centered on study of the early life histories of tunas using a combination of laboratory and field studies. Laboratory experiments on tunas depend on holding delicate young tunas for lengthy periods in aquaria. To this end, most work carried out to date has been concentrated on the development of methods for capturing, transferring, and maintaining live scombrids in captivity. Trials with alternative transferring techniques have been especially fruitful. It appears that minimizing the time held on board the collecting boat and excessive water movement in the transfer container are especially critical factors.

Laboratory and field studies of early life history stages are mutually supportive, and are given high priority in the research program. A sampling design was completed in 1986 which provides specimens for both laboratory rearing and *in situ* studies of growth, feeding, and starvation. Early juvenile scombrids are attracted to a bright underwater light at night and collected by dipnet for live transfer to the laboratory. The individuals that are damaged in the process are preserved by different methods for a variety of analyses. Specimens preserved in ethanol will be aged by means of otolith increments, and the stomach contents will be examined. Other specimens will be preserved in Bouin's fixative, prepared for histological analysis, and examined for qualitative histological indicators of poor nutritional condition and impending starvation. This sampling program will supply data on the seasonality of scombrid spawning in the region and the

relationships between oceanographic and meteorological variability and juvenile scombrid occurrence, growth, food variability, and starvation. Also, the stomachs of piscivorous fishes caught in the area are being examined for indications of scombrid predation.

Sampling efforts (nightlighting) for early juvenile scombrids were intensified during the fourth quarter. Twenty-one black skipjack (*Euthynnus lineatus*), sierra (*Scomberomorus sierra*), and frigate tuna (*Auxis* sp.) were held during those months in laboratory aquaria for periods in excess of 1 week. Net-caught plankton provided food for the individuals smaller than about 17 mm. Small guppies and mollies, fishes of the family Poeciliidae, raised in the earthen ponds, were fed to the scombrids larger than about 25 mm. Early juveniles fed to satiation on guppies often eat in excess of 25 percent of their body weight per day, and growth rates between 3 and 5 mm per day have been recorded. One black skipjack grew from a length at capture of about 12 mm to 278 mm in 136 days. Its death was due to jumping out of the tank onto the ground, rather than to malnutrition or disease. Cannibalism, a problem during earlier efforts, has been reduced. These two factors, fast growth rates and reduced cannibalism, are encouraging because they indicate that adequate amounts of appropriate food organisms are being provided.

Since the beginning of 1984, nightlighting efforts have taken place during all months of the year, though sampling was not conducted in every month of each year. Early juvenile scombrids have been caught in every month except April. Of the scombrids captured, 215 black skipjack, 142 frigate tuna, 167 sierra, and 2 chub mackerel (*Scomber japonicus*) have been preserved in a reference collection. The size distributions of the specimens which were in sufficiently good condition to measure are shown in Figure 20.

### **Snapper resource studies**

The IATTC staff has begun a cooperative project with scientists from Panama's Dirección General de Recursos Marinos (DGRM) to study some commercially-important coastal fishes in the Los Santos province of Panama. There is at present a lack of fundamental biological information on these species. Recent industrialization, principally through improved processing and export of catches, and the possible entry of larger vessels into the fishery make estimates of the potential yields desirable. A sampling program was implemented in 1986 with the objective to survey and assess the resources of snappers, family Lutjanidae, and other coastal fishes. Catch, effort, length, and weight data are being collected daily by a DGRM biologist. These basic data will provide information on species composition, size composition, condition factors, catch *versus* effort using alternative gear configurations, and seasonal variability of the above. The length-frequency composition of the 1986 landings of *Lutjanus jordanii*, the most important species, is shown in Figure 21. Other species caught in much smaller quantities include *L. guttatus*, *L. argentiventris*, *L. novemfasciatus*, *Hoplopagrus güntheri*, *Rabirubia inermis*, and *Epinephelus* sp.

A series of laboratory experiments to assess tag shedding and growth in

*Lutjanus jordanii*, is scheduled to begin in mid-1987. The Achotines laboratory will provide collecting and holding facilities and logistic support for the experiments. The primary purpose of the experiments is to provide measurements of rates of tag shedding in snappers of various sizes under controlled laboratory conditions. These data will provide essential information for interpreting tag return data from a future full-scale tagging program. The secondary purpose is to measure the growth rates of tagged snappers fed a standard ration.

### ***Bluefin studies***

#### ***The 1986 fishery***

Northern bluefin are caught in the eastern Pacific Ocean near the coast of Baja California and California from about 23°N to 35°N. Nearly all of the catch is made by purse seiners, and the fishing season typically extends from late May to mid-October. The 1986 catch was approximately 5,400 short tons, which is the largest catch since 1979. In 1986 the area of bluefin catch extended approximately from 25°N to 35°N, with about 83 percent of the catch coming from north of 30°N. The catches were greatest in July and August, with about 62 percent of the annual catch being made in those two months.

Histograms showing the estimated tons of bluefin caught by 2-cm intervals in the eastern Pacific Ocean for 1981-1986 are shown in Figure 22. The 1986 size distribution is similar to that of 1985 in that the bulk of the catch consisted of fish between 70 and 90 cm in length; however, fish greater than 100 cm, which were absent in the catches in 1985, were present in 1986. In 1986 fish between 180 and 200 cm were sampled; these are the largest bluefin sampled by the IATTC staff since 1978.

#### ***Age and growth***

A study of the age and growth of bluefin initiated in 1980 was completed during 1986. A summary of the analyses carried out and the conclusions drawn from the study follow.

Fish were aged by counting annuli (marks believed to be formed annually) on the scales, first dorsal spine, and vertebrae and by counting increments (marks believed to be formed daily) on the otoliths. No attempt was made to count annuli on the otoliths, as other investigators have reported that these are difficult to identify in fish less than about 9 years old.

It is difficult to collect usable scales from bluefin landed by purse seiners, as a large portion of the scales are lost during capture and handling, and many of those that remain are regenerated scales which are useless for ageing. The scales which are not regenerated are difficult to read. In addition, the poor relationship between body length and scale length makes it impossible to back calculate the size at age. The length distributions of fish assigned to different ages overlap considerably, and different readings of the same scale frequently disagree with one another, which may indicate that the age determinations from scales are invalid.



The first dorsal spine is virtually useless for ageing due to resorption or vascularization of the center of the structure, which obliterates the growth record. Ninety-six percent of the fish analyzed were assigned ages, but the incidence of disagreement among different readings made on the same fish was high.

Vertebrae are relatively easy to read, and duplicate readings of the same vertebra nearly always produce the same age estimation. Furthermore, comparison of the results with information from tagging and increment counts indicates that the age determinations from vertebrae are valid.

Otoliths give precise age estimates, *i.e.* to the day, rather than to the next-lowest year, as is the case for the other methods. Injection of oxytetracycline (OTC) into fish at the time of tagging and subsequent examination of the otoliths of the fish after recapture showed that the increments are laid down daily for fish in the range of 19 to 68 cm. Otoliths are so difficult to process and read, however, that it is not practical to use them for routine estimation of the age composition of the catch. They are useful for verification of age estimates obtained by other methods and probably for ageing postlarvae and juveniles. The ages of older fish (4 years or more) may be grossly underestimated, as the increments are too small for reading with replicas and light microscopy.

Estimation of the precision of a method, that is, the reproducibility of the results, has been addressed by other investigators who used an index of precision calculated from

$$V = \left[ \frac{(X_{ij} - X_j)}{R - 1} \right]^{1/2} X_j$$

and

$$D = \frac{V}{\sqrt{R}}$$

where  $V$  = coefficient of variation,  $X_{ij}$  =  $i$ th age estimate of the  $j$ th fish,  $X_j$  = average age calculated for the  $j$ th fish,  $R$  = number of times each fish was aged, and  $D$  = index of precision. The indices of precision were calculated to be 3.49 percent for the estimate from vertebrae and 2.03 percent for the estimate from otoliths from fish not marked with OTC. The  $D$  value for the otolith counts for the OTC-marked fish was 1.30 percent, which is lower than those from the vertebrae or whole otolith data. This low value is probably due to the fact that the increments in the area in which the counts were made were relatively wider and more regularly spaced because the fish were injected with OTC in August, when they were growing rapidly. The results from scales ( $D$  = 8.14 percent) and spines ( $D$  = 17.04 percent) indicate substantially more variability than those from otoliths or vertebrae.

A comparison of age estimates and indices of precision from vertebrae and

otoliths from the same individual fish was made using a Wilcoxon paired-sample procedure. Neither the age estimates ( $T' = 9$ ) nor indices of precision ( $T' = 11$ ;  $P < .0005$ ) were equal for 13 individuals estimated to be 0 to 6 years old. When only the fish with age estimates from vertebrae of 3 years or less were used and the otolith ages were adjusted by rounding to the next-lowest year neither the age estimates ( $T' = 2$ ,  $.10 < P < .05$ ) nor the indices of precision ( $T' = 2$ ) were significantly different.

Daily increment analysis gives results which are sufficiently precise to estimate the birth months of individual fish, assuming that the increments are formed daily on the otoliths of fish smaller than 19 cm. Thus estimation of the birth month can furnish another verification of age estimates if the birth month and spawning season coincide, provided that the spawning season is independently defined. Such an analysis was carried out, using increment counts for 10 fish from the eastern Pacific and 1 from the western Pacific. On the basis of occurrence of larvae, bluefin spawning is believed to take place between Taiwan and Kyushu, usually in May and June, and to extend to offshore off southern Honshu in July and into the Sea of Japan in August. Because age estimates obtained from otoliths of fish 4 or more years of age tend to be less than those from vertebrae, estimates from such fish were not used in the analysis. The peak of larval occurrence has been reported to be in May and June, but the peaks of birth month occurrence are in April and July-August (Figure 23), so either the peak of spawning occurs later in the year than is now believed, the increment estimates are low, or the 11 fish selected are not representative of the population as a whole.

Other evidence of late spawning is the presence of 22-26 cm bluefin near Himi on the Sea of Japan in October-December. These are about the same size as those found in August off Shikoku Island on the Pacific side of Japan. However, there are also 34-39 cm fish at Himi in October-December; these are the same size as those at Shikoku Island which were presumably the result of earlier spawning.

The growth rates for bluefin in the eastern Pacific were estimated by two methods. First, the radii from the center of the vertebrae to successive annuli were substituted into the equation

$$\log_{10} FL = 1.9046 + 0.9343 \log_{10} R$$

where FL = length of fish, from tip of snout to fork of tail, at time of formation of annulus, and R = radius of vertebra to annulus, both in millimeters. Then the differences between the estimates of length at successive annuli, converted to centimeters, were divided by the time intervals in months. Second, the differences between modal lengths of fish of the same age group in different months were divided by the time intervals in months, using length-frequency data for fish caught in 1981-1983. These results are shown in Table 14. Inconsistencies in the modal progressions and absence of catches during the winter prevent long-term monitoring of growth rates in the eastern Pacific catch by the second method. Thus only growth during the summer may be monitored, and not during every year. The estimates made by these methods generally agree with those of another

investigator who found the growth in bluefin captured from the eastern Pacific to be about 20 cm per year, or 1.67 cm per month. He also found that during the summer bluefin grow at an accelerated rate (about 3.25 cm per month) and that individuals caught in the late summer were approaching the upper limit of the size range for that year of life. In addition, tagging data (IATTC, Annual Report for 1981) for fish averaging 77 cm at release and 97 cm at recapture, which were at liberty in the eastern Pacific for an average of 355 days, show a similar annual growth rate of 1.67 cm per month.

## OCEANOGRAPHY AND TUNA ECOLOGY

### *Conditions related to El Niño*

The IATTC staff has been monitoring the sea-surface temperatures (SSTs) in the eastern tropical Pacific (ETP) for a quarter of a century. During that time there have been numerous occasions during the austral (southern hemisphere) summer when the SSTs have become warmer than normal. The ocean warming has usually occurred offshore from southern Ecuador to central Peru and out to a line extending south from the Galapagos Islands to about 10°S. During most years in this offshore region the SSTs have increased to 1° to 2°C (1.8° to 3.6°F) above normal, remained unchanged for several months, and then returned to normal by the end of the austral winter. In some years, however, the positive anomalies have increased to more than 2°C above normal and expanded rapidly to the equator and eastward to the coast of Peru.

Warming took place along the coasts of Ecuador and northern Peru for a short period during the southern summer of 1985-1986, but it was not well organized or expansive. There had been continuous upwelling of colder-than-normal water along the equator from 100°W to 160°W during the first quarter of 1986 because the southeast trade winds remained strong. However, between 160°W and 160°E in the equatorial region the SSTs had been up to 2°C above normal in several places for several months. The easterly winds were much weaker than normal in the central equatorial Pacific and upwelling had been minimal. As the austral summer ended no El Niño had developed in the ETP. There had been no organized and expanding areas of positive SST anomalies, and along the equator and the coasts of Ecuador and Peru the SSTs were lower than normal. The Southern Oscillation Index had not reflected the pressure rise which is typical of early El Niño development. In addition, the sea level remained below normal along the coasts of Ecuador and Peru.

During the second quarter of 1986 the SSTs cooled at greater than seasonal rates along the coasts of Ecuador and Peru as the southern winter began. In the coastal regions of Ecuador and Peru areas with SSTs more than 1°C below normal (Figure 24) expanded markedly from April through May 1986. This was a good indication that coastal upwelling in the Peru Current had become well established. The offshore region off Peru and Chile from 5°S to 30°S also reflected the cooling trend in the second quarter. During the second quarter of 1986 anti-El Niño or cooler water conditions developed over the ETP. One result of the cooling trend

of the second quarter was a reduction in the number of tropical storms which developed from June to October north of the equator between 90°W and 120°W. During the third quarter of 1986 the SSTs continued to be below normal in the equatorial region (5°N-5°S) over most of the ETP and along the west coast of South America. However, the central Pacific region (150°E-170°W) had SSTs 1° to 2°C above normal during most of 1986 as a result of unusually weak easterly winds and strong surface heating where the cloud cover was minimal over that region. Two U.S. National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) research vessels, sailing in the ETP during the second and third quarters of 1986, found colder-than-normal SSTs between the Galapagos Islands and the coast of Ecuador. Most of the coastal stations of Ecuador and Peru had experienced colder-than-normal SSTs, on an average, throughout the second and third quarters.

In contrast, the fourth quarter of 1986 in the ETP south of 10°N was characterized by a warming trend, especially along the equator between 85°W and 150°W, and also in the southern hemisphere from 5°S to 20°S between 100°W and 155°W. In this part of the South Pacific the southern high pressure system had been weakened frequently in 1986 by southern storms which penetrated the high-pressure zone. In Figure 25 is shown the extent of the warming trend by the pattern (hatched areas) of positive SST anomalies greater than 1°C. From October through December 1986 the SSTs warmed up at above-normal rates along the equator, offshore from the coast of Peru along 85°W, and westward from 95°W. The area of above-normal SSTs remained off the coast of Ecuador and Peru, except between Talara and Chimbote, Peru, where at times warm water invaded the coastal region for short periods. The thermocline became deeper than usual in the equatorial ETP in the fourth quarter, based on bathythermograph observations taken aboard NOAA research and commercial vessels. Also, the sea level began rising slowly at coastal stations from Ecuador to the northern part of California and at islands in the ETP north of 10°S. At Manta, Ecuador, located on the coast at 0.5°S, the SSTs were 1.8°C below normal in April 1986, and during the third and fourth quarters there was a gradual decrease in the negative SST anomalies. In Figure 26 is shown the trend at Manta from negative SST anomalies in the first and second quarters of 1986 toward normal SSTs by the end of the fourth quarter. The ocean changes which have taken place in the ETP during the fourth quarter of 1986 and described above were indicative of a developing El Niño. The offshore warming associated with this incipient El Niño will probably affect the coasts of Ecuador and Peru during the first quarter of 1987. Although this El Niño is expected to be weak compared to those of 1957-1958 and 1982-1983, it is expected to have its most adverse effect on the fisheries along the coasts of Ecuador and Peru during the first half of 1987. The IATTC staff will continue to monitor and report on the development of El Niño conditions in the ETP during 1987.

#### ***Effect of the 1982-1983 El Niño episode on fishing conditions***

The IATTC staff has been investigating the possible environmental effects during and after El Niño episodes on the availability and vulnerability of tunas

to capture by purse seiners in the CYRA (Figure 1). The ocean environment in the upper mixed layer and fishing conditions are affected by the state of the sea and the sea-surface temperatures (SSTs), which are directly related to the surface winds. During an El Niño in the eastern tropical Pacific (ETP), the sea level rises, the SST increases, and the depth of the thermocline increases. Other effects of El Niño events on the ocean environment have been described in the IATTC Annual Reports for 1984 and 1985. The marked changes in the surface winds, ocean currents, SSTs, and thermocline depths during an El Niño apparently affect the food supply available to tunas. In addition, the distribution, apparent abundance, and vulnerability to capture of tunas are apparently altered during an El Niño. For example, in 1983 the total catch of yellowfin in the CYRA was 23 percent below the 1982 catch (Table 1), most of which was made prior to the onset of the largest El Niño of this century late in 1982. In 1983 the skipjack catch was 41 percent below that of 1982 (Table 1). By 1984, however, as the El Niño disappeared, fishing improved, and the yellowfin and skipjack catches increased by 53 and 4 percent, respectively, over those in 1983. During the last quarter of 1982 and the first quarter of 1983, as the catch rates diminished in the CYRA, many of the vessels moved to the western Pacific where tuna fishing was better. The reduced fishing effort in the CYRA was largely responsible for the low catches during the 1982-1983 El Niño. However, the ocean environment was modified so drastically by this warm-water event that the tunas may have moved out of the CYRA or remained in deeper water out of reach of the nets. The tunas apparently reacted quickly to the changes in SSTs and ocean currents in late 1982, as the fishermen were unable to find and catch tunas in significant quantities, especially within the CYRA.

The investigation of the effect of El Niño episodes on tuna catches has involved three important fishing regions in the CYRA, the coastal area off Ecuador and northern Peru, the triangular area bounded by Cape San Lucas, Cape Corrientes, Mexico, and the Revillagigedo Islands, and the Costa Rica Dome (CRD) area centered near 9°N-90°W. Data on the environment and tuna catches have been summarized for comparative studies for each year of the 1960-1986 period. The details of the preparation of the data used in this and earlier studies are described in the IATTC Annual Reports for 1984 and 1985.

One of the more dramatic changes in fishing effort and tuna catches within the ETP occurred in the CRD area during and after the 1982-1983 El Niño. The CRD is an area of extensive upwelling of nutrient-rich subsurface water situated approximately 400 kilometers west of Costa Rica and Nicaragua with its center near 9°N-90°W, on the average. It is usually elongated downwind toward the west. The upwelling in the CRD results primarily from a looping action of the North Equatorial Counter Current. The IATTC Annual Report for 1985 describes in greater detail how the upwelling in the CRD is maintained. During the first and fourth quarters of each year strong easterly winds often blow offshore from Nicaragua over the CRD in such a way as to cause a spreading or divergence of the surface water. The divergence intensifies the upwelling of the nutrient-rich water, which aids in promoting primary food production. Subsequently, from the

first to the third quarters a plentiful supply of plankton and micronekton becomes available, making the CRD one of the most productive areas of forage in the CYRA in most years. However, when a major El Niño event (lasting 1 year or more) occurs the surface winds and ocean currents are altered in the ETP. Consequently, upwelling and food production in the CRD are markedly diminished. As an El Niño comes to an end, the surface winds and ocean environment return to normal, upwelling is resumed, and production increases.

The CRD is fished heavily during the first half of most years before the summer monsoon, characterized by frequent storms and rough seas, begins in July. In Figure 27 Panels A, B, and C show the long-term mean (1962-1986) annual variations of skipjack and yellowfin CPUEs (catches in tons per days fishing unadjusted for vessel size) and fishing effort for the CRD area. Also included in these panels for comparison are the annual variations of effort for 1983, the most intense El Niño year, and two normal or anti-El Niño years, 1985 and 1986. In Panels D, E, and F are shown the long-term mean (1962-1986) annual variations in the wind and SSTs, with data for 1985 and 1986 included for comparison. The 1983 and 1984 data for the CRD were discussed in detail in the IATTC Annual Report for 1985. The catch, effort, and environmental data for 1983 are repeated in the present report for comparison with corresponding data for 1985 and 1986. During those two years anti-El Niño or relatively cold-water conditions prevailed in the ETP. During the 1982-1983 El Niño the fishing effort (numbers of days fishing in the CRD area) was the lowest since 1962 because fishing was extremely poor and many vessels had departed for the western Pacific where fishing was better. The CPUEs for yellowfin were very low during 1983, and those for skipjack were also below the 1962-1986 mean except in April and July-August (Figure 27, Panels A, B, and C). The wind speeds were low over the CRD from late 1982 to May 1983 and the wind directions during this period were variable and prevailed from the west from March to May. Normally the winds are from the east with greater strength during the first and second quarters. In Panel D the period of abnormal westerly winds is hatched. After mid-1983 the wind direction and speeds were much closer to the 1962-1986 average conditions. In Panel E, the wind speed has been squared to provide a term which approximates the wind stress. Wind stress is a force which acts on the ocean surface and causes mixing in the surface layer. Wind stress also pushes water in the direction that the wind is blowing. For example, westerly winds early in 1983 over the CRD pushed water eastward toward the coast. Thus, westerly wind directions and weaker-than-normal wind speeds (stress), combined with high sea level in the ETP, probably resulted in weak upwelling from the fourth quarter of 1982 to the second quarter of 1983. Then, assuming a reduction in upwelling over the CRD, there would have been a significant reduction in nutrient enrichment and primary food production in the CRD, especially during the spring of 1983. Consequently, with limited forage around the CRD, the apparent abundance of tunas and their availability to the fishing fleet would have been limited. The low CPUEs of yellowfin and skipjack in 1983 seem to support this hypothesis (Panels A and B).

By 1985 the SSTs, winds, and ocean currents had returned to near normal

and anti-El Niño conditions had returned to the ETP. The vessels also returned to the ETP in large numbers and operated around the CRD, where the SSTs were only slightly above normal until June of both years, at which time they dropped to below normal (Panel F). The surface wind directions were close to normal in 1985 and 1986 (Panel E). Stronger-than-normal easterly wind speeds and stress prevailed during the first two quarters of both years and also during the last quarter. Although the wind stress was not markedly above the 1962-1986 level, the persistent higher wind speeds from the east created enough divergence over the CRD during both years to enhance greatly the upwelling during the anti-El Niño years of 1985 and 1986. These conditions, combined with a shallow thermocline, probably made tunas more vulnerable to capture by purse seiners in 1985 and 1986. The CPUEs on yellowfin were well above normal for both years (Panel B), with a near-normal fishing effort in 1985 and a below-normal effort most of the year in 1986 (Panel C). After July of 1985 and 1986 the fishing effort was not much greater than during the El Niño year of 1983; however, the CPUEs on yellowfin were significantly greater than normal. The CPUEs on skipjack were low in 1985, except in April and October-November, when school fishing is usually improved around the CRD. During 1986 the CPUEs on skipjack were above normal, on the average, even though the reported fishing effort on the smaller school fish was less than that on larger yellowfin.

During the anti-El Niño years of 1985 and 1986 the yellowfin catches overall in the CYRA were improved greatly over those in 1983. Based on Table 1 data for the CYRA, there was an average increase of 156 percent in yellowfin catches during the last two years over the 1983 catch. Thus 1985 and 1986 became the two most productive years on record for yellowfin catches in the CYRA. A return of the fishing fleet to the CYRA after the disastrous 1982-1983 El Niño contributed largely to the dramatic increase in tuna catches. However, a return of a favorable ocean environment combined with good fishing conditions also contributed significantly toward making tunas more available and vulnerable to capture, especially in the CRD area.

## **TUNA-DOLPHIN INVESTIGATIONS**

The Commission's responsibilities include investigation of the problems arising from the tuna-dolphin relationship in the eastern Pacific Ocean, as described on page 7.

### ***Data collection***

The IATTC staff places scientific technicians aboard purse seiners of cooperating nations which fish for tunas associated with dolphins in the eastern Pacific Ocean. The technicians collect data on incidental dolphin mortality, marine mammal abundance, and fishing effort. The work is carried out aboard these vessels in such a way as to obtain representative samples of the total fishing trips and to minimize the variances of the estimates of dolphin abundance and mortality. Purse seiners flying the flags of Costa Rica, Ecuador, Mexico, Panama, the United States, Vanuatu, and Venezuela carried IATTC technicians in 1986.

In 1986 the selection of trips on which sampling was to take place differed for U.S. and non-U.S. vessels. At the beginning of the year the U.S. National Marine Fisheries Service (NMFS) initiated a sampling program for U.S. vessels in which, to ensure sampling on at least 40 percent of the trips, the vessels would carry an IATTC scientific technician or a NMFS observer on every other trip, the technician or observer being provided alternately by the IATTC and the NMFS. (Henceforth, for simplicity, when IATTC scientific technicians and NMFS observers are referred to in the same sentence they will be called "IATTC and NMFS technicians" or "technicians.") By midyear the estimated dolphin mortality in the U.S. fleet was progressing at a rate which indicated that the allowed yearly U.S. dolphin mortality quota of 20,500 animals might be reached before the end of 1986. Thus, to improve the reliability of the dolphin mortality estimates, the NMFS increased the sample coverage with a goal of approximately 70-percent coverage for the remainder of the year. This increased coverage was shared equally by the IATTC and the NMFS.

By mid-October, however, the NMFS estimated that the U.S. fleet had reached the allowed dolphin quota, and on October 22 it became illegal for U.S. purse seiners to set their nets on tunas associated with dolphins, and this ban remained in effect until the end of the year. Beginning on that date all U.S. vessels were required to carry NMFS personnel for the remainder of the year to ensure that the U.S. law was observed. (This was only the second time that the U.S. fleet had reached its quota for dolphin mortality, the first having occurred in 1976.) The sample coverage of U.S. fleet departures by the IATTC and NMFS programs combined, excluding departures during the closure period, was about 43 percent. The estimated coverage of trips of U.S. vessels which had dolphin sets in 1986, including trips which began in 1985 and carried over into 1986, was about 42 percent.

For non-U.S. vessels, including four U.S. vessels operating out of Venezuela on charters, the IATTC staff attempted to maintain a 33-percent coverage of departures during the year, although a variety of factors, mostly logistic, resulted in a coverage of departures of about 26 percent. The estimated coverage of trips of non-U.S. vessels with dolphin sets in 1986 was about 25 percent.

For the entire international fleet the coverage by the two programs of both departures and trips with dolphin sets was about 30 percent, excluding U.S. vessel trips during the closure period. In Table 15 the coverage international fleet trips with dolphin sets and tons of tunas caught in dolphin sets during 1986 is summarized.

The two programs sampled a total of 121 trips during the year, 101 by the IATTC and 20 by the NMFS. Six of the IATTC trips were carryovers from 1985. This total represents a 64-percent increase over the number of trips sampled in 1985 (74), and the 101 IATTC trips represent an increase of almost 100 percent in the number of trips sampled by the IATTC in 1985 (51). This increase is due largely to the fact that Mexico was participating in the international program for the first time. Another reason for the increase in the non-U.S. sample was the



U.S. dolphin quota closure discussed previously. U.S. tuna import regulations were changed at the closure, requiring any non-U.S. vessel which intended to export yellowfin or bigeye tuna to the U.S. to carry a technician from a national or international program to verify that any of the vessel's catch intended for export to the U.S. was not caught in association with dolphins. Thus, the IATTC was asked to provide technicians for some non-U.S. vessels during the closure period.

The numbers of sampled trips by the IATTC and NMFS programs since 1979 are shown in Figure 28. The decline during the early 1980's was due mainly to the U.S. fleet's decreasing size, a result of flag changes and transfers to the western Pacific Ocean by many U.S. vessels. The increase in the number of trips since 1983 is due mainly to the expanding non-U.S. fleet and its increased participation in the IATTC's international program. 1986 is the first year that the non-U.S. sample has been larger than the U.S. sample.

### ***Technician training***

Four courses to train scientific technicians to collect dolphin data aboard purse-seine vessels were held during the year. The first two courses, one in Cumaná, Venezuela, and the other in Guayaquil, Ecuador, cosponsored by the IATTC and the United Nations Environmental Programme (UNEP), are discussed in the section entitled *Activities of the IATTC-UNEP Program*.

A third course was held for Mexican biologists in Ensenada, Mexico, on November 17-27, 1986. The 16 biologists who attended the course received training in marine mammal and tuna identification, data collection requirements and procedures, marine mammal herd size estimation, tuna fishing gear and operations, and shipboard protocol and safety.

A fourth course was held for U.S. NMFS technician trainees in San Diego on December 15-19, 1986. The U.S. technicians received instruction on IATTC data collection procedures and marine mammal herd size estimation, supplemental to the training they received from the NMFS. The NMFS assigns these technicians to the IATTC for Commission-sampled U.S. trips.

### ***Gear program***

The mortality rates of dolphins during backing down (maneuvering the vessel in such a way as to release as many dolphins from the net as possible) are higher at night than during the daytime. The use of floodlights during night backdowns decreases the mortalities. As reported in the IATTC Annual Report for 1985, 40 floodlights for use during backdowns during hours of darkness were purchased as part of a joint project by the IATTC and the UNEP to promote the increased use of effective dolphin-saving gear and procedures by purse seiners operating out of Latin America. By the end of the year 30 of these floodlights have been lent to Latin American vessels. The opinions of the captains concerning the effectiveness of the lights have been mixed, but most think that the lights are beneficial in releasing dolphins during dark backdowns. Use of these floodlights became mandatory for U.S. vessels in mid-1986.

The staff continued to hold informal discussions whenever possible with vessel captains who experienced high dolphin mortality during trips sampled by the IATTC. During these discussions the causes of the mortality, measures already taken to reduce it, and further possible measures to avoid future high mortality were covered.

The staff participated in four dolphin safety panel alignments during 1986, all on Mexican-flag vessels. This involves a practice set in local waters to align the dolphin safety panel in the backdown channel for efficient dolphin release.

Field office personnel continued to distribute dolphin mortality reduction literature and video tapes to vessel crews, captains, and managing owners.

In previous years data collected by IATTC technicians on the type and dimensions of a vessel's net and dolphin safety panel have often been inaccurate or inconsistent. In order to improve the vessel gear data base, the instruction during the technician training sessions on the collection of these data was modified, as was the form on which the data are recorded. In the past the technicians relied almost entirely on crew-provided information concerning net dimensions and dolphin safety panel type and dimensions. The use of net retrieval video tapes during training should enable the technicians to estimate the net and safety panel dimensions and panel type more accurately. More accurate gear data will enable the staff to better understand the causes of high dolphin mortality. In addition, a computer program was written to provide analyses of each trip's data, specifically on the data relating to backdown, post-backdown rescue, mortality, and causes of mortality. This will enable the staff to provide information on dolphin mortality more quickly to a vessel captain or managing owner.

#### ***Activities of the IATTC-UNEP program***

In 1985 a proposal was developed to intensify the activities of the IATTC's dolphin program in Latin America. The United Nations Environmental Programme (UNEP) granted partial funding for the project, as part of its Global Plan of Action for the Conservation, Management, and Utilization of Marine Mammals, and Mr. Bent Nielsen of that organization was appointed Programme Officer. The activities of this program were continued in 1986. The main tasks undertaken were:

##### **a) Courses for scientific technicians:**

Two courses to train technicians were conducted during the year as part of the joint IATTC-UNEP program. One course was held for Venezuelan biologists in Cumaná, Venezuela, on October 1-9, 1986. Thirty-two trainees participated in the course, which was held at the Universidad de Oriente in Cumaná. The training was similar to that discussed earlier, with the addition of a section on yellowfin tuna dissection and gonad collection procedures for a study of the reproductive biology of yellowfin.

The other course was conducted for Ecuadorian biologists in Guayaquil, Ecuador, on October 20-27, 1986. Twenty-one trainees participated in the course,

which was held at the Universidad de Guayaquil. The students received the same training that was given in the Cumaná course.

b) Courses on marine mammals:

Two courses, Estimation of the abundance of marine mammals and Biology and ecology of marine mammals, were conducted, the first at Cumaná, Venezuela, and the second at Guayaquil, Ecuador. Out of well over 100 applicants, the following students from the UNEP's Caribbean and Southeast Pacific Region were selected: J.C. Cárdenas and J. Oporto (Chile); A. Acero and G.M. Prieto (Colombia); M.A. Prieto and W.T. Rodríguez (Ecuador); D. López (Panama); J.C. Reyes and V. Guillén (Peru); M.C. Coronado and J.L. Naveira (Venezuela). The cooperation of Dr. J. Escobar of the Comisión Permanente del Pacífico Sur in receiving the applications and selecting the students is acknowledged with gratitude. Two other students, F. Yáñez and O. Figueroa, members of the Guardia Nacional of Venezuela, which is responsible for conservation of marine mammals in that country, were designated by the government of Venezuela to attend the courses. In addition, 12 local students attended the course in Venezuela and 26 attended the one in Ecuador.

A description of the courses follows:

**COURSE 1: Estimation of the Abundance of Marine Mammals**

*Location:* Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela

*Dates:* November 17-December 4, 1986

*Students:* The participants came from the Caribbean and Southeast Pacific Regions of the Regional Seas Programs of the United Nations Environmental Programme.

*Instructors:* S. Boyer, S. Buckland, and M. Hall (IATTC) and P. Arenas and A. Parma (University of Washington).

*Program:*

Introduction to marine mammals and their role in the ecosystem.

Main problems for the conservation and management of marine mammals.

Interaction with man: direct fisheries and incidental take.

Models used to manage marine mammals: maximum sustainable yield and variations, assumptions, deficiencies, and results of their use.

Monitoring marine mammals as an alternative approach to modelling for conservation and management.

What is estimation? Bias, precision, absolute and relative abundance, and trends.

Sampling marine mammal populations.

Estimation of variances: analytical and non-parametric methods.

Methods used to estimate abundance.

Line and strip transects: models and assumptions.

Surveys: shore, aerial, and vessel. Design and comparison.

Counts. Practical problems and limitations.

Mark-recapture: assumptions, models (closed and open populations).

Catch-per-unit-of-effort methods: Leslie, De Lury, Ricker, Chapman, and Allen.

Tags or photoidentification as ways of "catching."

Change-in-ratio methods: Kelker, Chapman, and Paulik-Robson.

The use of simulation to assess bias and precision of methods.

Estimation of incidental mortality.

Dr. Julio E. Pérez, head of the Instituto Oceanográfico de Venezuela, was instrumental in the coordination of the course, and his support throughout is gratefully acknowledged. The collaboration of members of the faculty and staff of the Instituto is also acknowledged. The students and instructors are shown in Figure 29.

## COURSE 2: Biology and Ecology of Marine Mammals

*Location:* Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador

*Dates:* December 5-20, 1986

*Students:* Same as for Course 1

*Instructors:* A. Aguilar, Universidad de Barcelona, A. Hohn, M. Lowry, and W. Perrin, U.S. National Marine Fisheries Service, M. Scott, IATTC, O. Vidal, Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, Sede Guaymas (ITESM-Guaymas). M. Scott was in charge of the organization of this course, with the collaboration of Biol. V. Salazar from the Universidad de Guayaquil and the Director, Dr. Roberto Jiménez, and staff of the Instituto Nacional de Pesca.

### *Program:*

Introduction to marine mammals: general characteristics of cetaceans, pinnipeds, and sirenians.

Identification of marine mammals; emphasis on species from tropical America.

Laboratory techniques for the study of marine mammals.

Collection and preservation of specimens.

Reproductive biology: anatomy, histology, and analyses.

Age estimation: preparation of pinniped and dolphin teeth and whale ear plugs. Interpretation and analyses.

Field techniques for marine mammals (presentation of the techniques and results of selected studies using them).

Necropsy of dolphin.

Handling of strandings: procedures.

Handling of incidental takes.

Uses of photoidentification.

Mark-recapture studies: techniques, problems, description of movements, behavior, social structure, and reproduction.

Tracking systems: theodolite, radio, sonar, and satellite.

Behavioral observations at sea or in rookeries.

Special techniques: photogrammetry and acoustics.

Conservation and management legislation. Fisheries interactions.

International organizations. Research centers. Academic programs.

As part of the course in Ecuador, a nine-day cruise was conducted aboard the R/V *Sirius* from Manta to the Galápagos Islands and return. The purpose of the cruise was to familiarize the students with survey techniques for cetaceans, to improve their species identification skills, and to observe pinniped behavior. Lectures on marine mammal field techniques were given on board the ship as well. Thirty-two students participated in the cruise. Two days were spent on the Galápagos Islands, during which sea lion rookeries on Isla Santa Cruz and Isla Española were visited.

The cooperation of the University of Washington, the Universidad de Barcelona, the U.S. National Marine Fisheries Service, and the ITESM-Guaymas, which allowed members of their staffs to participate in the teaching of these courses, is gratefully acknowledged.

### ***Incidental mortality of dolphins***

The methods used in the estimation of incidental mortality of dolphins have been discussed in some detail in IATTC Annual Reports for previous years, so they will be reviewed only briefly here. Some of the species or stocks of dolphins captured by the fishery inhabit well-defined areas and are rarely caught outside them; others are present throughout the eastern tropical Pacific, but their mortality rates are different in different areas because of behavioral adaptations to the fishery which improve the survival rates for animals which have been more exposed to the fishery. Based on these considerations, several spatial stratifications are used for the stocks involved. Figures 30-32 show the areas used for the principal stocks. Within each of these areas the kill per set and kill per ton for each stock were computed from data collected by the technicians, and these were used with data on the total number of sets made or total tons caught in the same areas to estimate the total mortalities. The data for vessels of all flags were combined after tests with data for the 1979-1983 period showed that there were no significant differences in mortality rates between the U.S. and non-U.S. vessels for most of the areas.

In Table 16 are shown estimates of the incidental mortalities of the major stocks of dolphins during 1986. The values are higher than those of previous years, reflecting the effects of several factors which influenced the fishing operations during that year. The factors affecting the mortality estimates can be separated into two major groups, those which affect the total number of sets made on fish associated with dolphins or the tons of fish caught in association with dolphins and those which affect the mortality rates of the dolphins which are encircled in the nets.

### ***Factors affecting the number of sets on dolphin herds or tons caught with dolphins***

#### ***Increased overall fishing on dolphins***

In 1986, as in 1985, more than 10,000 sets were made on tunas associated with dolphins. This level is considerably higher than that for the 1982-1984 period

(Figure 33). In the same figure it can be seen that the proportion of sets on dolphins increased from less than one third in 1979-1983 to more than one half in 1985-1986, making fishing on dolphins the dominant mode of fishing. The reasons for this shift are (1) the higher prices paid for large yellowfin, usually found in association with dolphins, and (2) the excellent catches made in dolphin sets (Figure 34). After the El Niño event of 1982-1983 the catches increased from an average of about 11 tons per set in 1979-1983 to about 18 in 1984-1985 and to about 21 tons per set in 1986.

#### ***Increased fishing on specific stocks or in specific areas***

In addition to the changes in the number of dolphin sets (or tons of fish caught in dolphin sets), the spatial distribution of the dolphin sets is important. As the estimates are obtained for several area strata, and some stocks are captured only in limited areas of the eastern Pacific, changes in the distribution of fishing can have considerable effects on the mortalities of the various stocks. In Table 17 it is shown that the percentage of sets on common dolphins was higher than usual in 1986, indicating a concentration of effort in areas where this species is most abundant.

#### ***Factors affecting the mortality rates of dolphins encircled by the nets***

##### ***Larger catches***

The mortality of dolphins per set is affected by the catches of tunas in those sets. This could be due to the greater damage that the struggling tunas inflict on the dolphins, the greater time required to complete a set with larger amounts of tunas, or both. It can be seen in Figure 35 that for catches close to the 1979-1983 average of 11 tons per set the kill per set is about 4 animals, but when the catches reach 21-25 tons per set the average kill per set increases to about 7 animals. The kill-per-ton rates for the two periods are about the same, however. The duration of the sets is correlated with the amounts of fish caught, of course. The average set time has increased from about 2½ hours in 1979-1983 to about 3 hours in 1986 (Figure 36).

##### ***Higher proportion of night sets***

The mortality rates for sets completed at night are greater than those for sets completed in daylight. The proportion of sets which were night sets was greater in 1986 than in previous years (Figure 37), which increased the overall mortality. The greater average duration of sets in 1986 was probably a major cause of the higher proportion of night sets. The numbers of night sets also increased in 1986 (Figure 38).

##### ***Higher proportion of sets on species or stocks with high mortality rates***

Not all species of dolphins have the same mortality rates. It is well known that common dolphins experience mortality rates that are several times higher than those of offshore spotted dolphins. The proportion of sets on common dolphins

in 1986 was almost 7 percent, as compared to about 1 percent during 1982-1984 and about 4 percent in 1985 (Table 17). This caused an overall increase in the dolphin mortality in 1986.

#### ***Higher proportion of juvenile dolphins in the population***

In 1986 the proportion of pre-adult stages of offshore spotted dolphins among the animals incidentally killed was the highest since 1979 (Figure 39). Young animals are likely to experience higher kill rates because their behavior is different from that of older animals which have had more experience in escaping from the nets. Calves are also likely to cause increased mortality of their mothers after they become entangled in the nets. It should be noted, however, that a large portion of pre-adults in the population is an indication of above-average recruitment in recent years and may be considered a positive sign.

---

As 1985 and 1986 were years characterized by strong interest in dolphin-associated tunas, it is necessary to exercise caution in the interpretation of the results. When fishermen direct their effort toward tunas associated with dolphins their entire *modus operandi* is changed, and this affects the results significantly. In addition, the incorporation of data for the Mexican fleet improves the coverage, probably reducing or removing some biases, but at the same time alters the consistency of the time series. The addition of data for such a large segment of the fleet may have consequences on the interpretation of some of the data. For example, if the effort of Mexican boats tends to be closer to the coast than that of the rest of the fleet the characteristics of coastal herds will suddenly have a greater effect on the data base. If the coastal areas have different reproduction rates it will appear that a fundamental change is taking place in the population, whereas in reality a bias is being removed. The stocks that are the more common targets of the Mexican fleet may also show apparent changes in abundance. To some extent the effects of these biases can be overcome with stratification, but a long, unbiased, and consistent time series is required to produce results which can be used with complete confidence.

### ***Estimation of dolphin abundance***

#### ***Data validation***

A procedure for monitoring dolphin abundance, using data collected by IATTC and NMFS technicians, was developed in 1986. Preliminary analyses indicated that there were some inconsistencies in both the IATTC and the NMFS data bases. The data are checked after being entered into the data bases, and this validation procedure has been improved in recent years. However, data from the earlier years had not been checked using the improved procedure. The set of warnings in that procedure was examined, and some new warnings of probable errors were added. The lengthy task of validating all sightings data for past years from both the IATTC and NMFS data bases was then carried out.

*Line transect analysis*

Upon completion of the validation, the task of estimating the size of each important stock of spotted, spinner, and common dolphin was begun. The first sightings data collected by the IATTC were for 1979, whereas the NMFS program, which gathered data for the U.S. fleet only, began in 1974. Since there were insufficient data in that first year to allow reliable estimation, the stock size assessments and estimates of trends in abundance cover the 1975-1986 period. The only previous estimates of trends from these data are those calculated by the NMFS for the 1977-1980 period (Mar. Mammal Sci., 3 (1): 54-77) and by the IATTC staff for the 1977-1981 period (Int. Whaling Comm., Rep., 33: 565-588).

The sightings data are collected by IATTC and NMFS technicians aboard tuna vessels. Most of the sightings are made by crew members searching through binoculars. The IATTC staff therefore has control of neither the course nor the searching methods. Upon detection of a herd, the decision as to whether to set the net is made on the basis of whether there might be sufficient tunas present to justify making a set. Hence there is no way to lessen the effects of many of the violations of the assumptions of the line transect method, and attempts must be made to develop robust estimation methods.

First, the eastern Pacific was stratified into geographic regions, each region corresponding to one stock. There are different stratifications for different species, and in the case of the spinner dolphin two of the regions overlap. Within each region, if the data are sufficient, a further stratification is made, using a data-dependent stratification scheme. A smoothed estimate of the encounter rate in each 1-degree area is made, and the data for 1-degree areas with similar encounter rates are combined. This procedure yields strata that resemble the areas between contour lines on a map; a hill corresponds to an area of high density and a valley to one of low density. Within each stratum, there is a roughly uniform distribution of dolphin herds, making it possible to assume that the herds are randomly distributed within the stratum. A similar attempt to stratify by effort, so that it was possible to assume that the searching effort was random in each stratum, failed because the effort is too heterogeneous, giving rise to one large stratum with low effort, for which estimation was poor, and many small strata, each with relatively few dolphin herds, for which estimation was good. The total estimate of abundance was poor, since the stratum with low effort included perhaps more than half the population. By contrast, stratifying by encounter rate, despite the problems of estimating encounter rate, appears to perform well.

To increase the robustness of the analyses, some of the data were eliminated from consideration. One notable omission is herds first detected by the technician. Most of these were sighted very close to the vessel, and it has proved impossible to model them satisfactorily, partly because the probability that a technician detects a herd decreases sharply with distance, but also because many herds are not detected until after they have reacted to the vessel, for example to approach the vessel prior to riding the waves at the bow. The sighting distances for herds detected by the crew are typically of the order of 4 to 8 nautical miles from the



boat, so that this problem does not arise. However, small herds that go undetected by the crew, or herds that are seen by the crew but not reported to the technician, are usually detected by the technician only if they pass close to the vessel, which biases the results toward herds which are attracted to the vessel. If such data are used the population sizes are overestimated and have low precision. If they are eliminated from consideration underestimation results. Analyses suggest, however, that the underestimation is slight for spotted and spinner dolphins, since few herds of these species are first detected by the technician, but the problem may be more serious for common dolphins.

Bias in the estimates has been reduced by the omission of three categories of sightings and effort data. First, although all sightings made by the crew while the technician is off duty should be recorded by him, it was found that the encounter rates were less during such periods, so only data collected while he was on duty have been used. Second, the estimated population sizes were consistently higher when sightings and effort made during periods when the wind velocities were 4 or more on the Beaufort scale were not used, indicating that the abundance is underestimated if data collected during poor sighting conditions are used. Such data were therefore deleted. Third, examination of the sighting angle data suggests that the angle data are biased for many trips, since the average sighting angle is often considerably less than anticipated. Two factors appear to contribute to this phenomenon. First, some technicians probably fail to record the sighting angle before the vessel reacts to the detection of a herd or fail to realize that the vessel has turned toward the herd. Second, on some vessels the man at the wheel may turn if he sees a crewman concentrating on a possible sighting cue. By the time the sighting cue is confirmed, the sighting angle may be appreciably less than if the vessel had maintained its course. Analyses have indicated that more robust estimates are obtained if all the effort and sightings data from trips whose average sighting angle is less than  $20^\circ$  are not used.

To convert from an estimate of the number of herds in a region to an estimate of the number of dolphins it is necessary to estimate the average herd size. Three herd size estimates are made of herds that are set upon, one by the crew, a second by the technician before the set takes place, and a "best" estimate, made after the technician has had the opportunity to watch the herd at close range. Assuming that the best estimates are unbiased, they can be used to estimate the bias in the crew estimates and the initial technician estimates. If, for a particular herd, there is a crew estimate and an initial technician estimate, but no best estimate, the technician's estimate, adjusted for bias, can be used. If there is only a crew estimate it can be adjusted for bias and used.

The problem of measurement errors in the distance and angle estimates is attacked in two ways. A technique known as "smearing" is applied to the data at the line transect analysis stage; observations are "spread" over a sector, to reduce the effects of rounding errors. In addition, techniques to help the observer obtain better estimates of these quantities are being developed.

A single parametric form is being used to model all the line transect data sets

to give consistency from one analysis to the next. If different models are used in different analyses, or even if a series-type model such as the Fourier series with different numbers of terms is used, some of the apparent fluctuations in dolphin numbers will be due simply to different biases arising from different models. The hazard-rate model, which has been found to perform well on cetacean data sets and in other contexts, is used. The core of line transect analysis is the estimation of the effective width of the searching strip. This can be estimated for each stratum, so the whole estimation procedure is applied separately within each stratum and the stratum estimates summed. Alternatively, the encounter rate and average herd size can be estimated for each stratum, and the effective strip width can be estimated for the whole region, on the assumption that it does not vary within the region during a given year. The latter approach gives greater stability and precision in the estimates, at the expense of making a stronger assumption. It is possible to go one stage further, and assume that the effective strip width is constant over years. In fact, because of the poor quality of the early sightings data, it is necessary to make this or a similar assumption to analyze the data for 1975 and 1976.

Variance estimates are obtained by applying the nonparametric bootstrap technique to cruises; sampling with replacement from the cruises for a given year is carried out to generate a bootstrap sample and obtain from this sample a bootstrap estimate of population size. This is repeated, say 100 times, and the sample variance of the 100 bootstrap estimates is used as the variance estimate. This procedure is more robust than analytic methods, and consistently yields higher variances, indicating that more traditional methods underestimate the variance.

Abundance estimates for all the major stocks of dolphins in the eastern Pacific Ocean are shown in Tables 18-25 and Figures 40-46. For the stocks for which the data are relatively numerous, stratification by encounter rate was carried out, and the effective strip width was estimated separately for each year, although not separately within each stratum. These stocks are the northern offshore spotted dolphin, eastern spinner dolphin, northern whitebelly spinner dolphin, and the central stock of common dolphin. For the other stocks (southern offshore spotted dolphin, southern whitebelly spinner dolphin, and northern and southern stocks of common dolphin) there were too few data to stratify or to estimate reliably the effective strip widths for each year. A single effective strip width was therefore estimated over all years, and unstratified analyses were carried out for these stocks.

There is strong evidence of a decline in the northern offshore stock of spotted dolphins, from about 4 to 5 million animals in the mid- to late 1970's to around 3 million animals in the early 1980's (Table 18 and Figure 40). The very low estimate during the El Niño year of 1983 is probably unreliable, since the behavior of the dolphins, the tunas, and the fishing vessels were all markedly different from those of normal years. There were relatively few sets on spotted dolphins during 1983-1984, and there is some evidence of higher population levels in 1985-1986, although the increase from 1984 to 1985 is not statistically significant. The

southern offshore stock shows evidence of decline during the 1976-1986 period, although there are few data, and consequently large fluctuations in the estimates occur (Table 19 and Figure 40).

The eastern stock of the spinner dolphins shows evidence of a decline, reaching a minimum around 1981-1983, and a recovery since, as shown in Table 20 and Figure 41. The estimates for the northern whitebelly stock show large fluctuations. Estimation is less reliable for this stock because it is distributed over a larger area, including mid-ocean regions where tuna vessels operate only sporadically. There is some indication of a decline, although the estimates for 1975 and 1985 appear to contradict the underlying trend shown by the estimates for the other 10 years (Table 21 and Figure 42). There are relatively few data for the southern whitebelly stock of spinner dolphins, but the estimates (Table 22 and Figure 43) show a pattern very similar to those of the other spinner stocks.

The data on the common dolphin stocks are less reliably analyzed, since the species is not always regarded by the tuna fishermen as a target species. In addition, the data are sparse, especially for the northern and southern stocks. The estimates indicate that the northern stock is stable (Table 23 and Figure 44), although the years for which there were too few data to make estimates (1982, 1984, and 1985) all showed relatively very few sightings for the searching effort that took place, and small herd sizes. All estimates from the early 1980's, up to and including 1985, should be viewed with suspicion, as the Mexican fleet, which is probably the only fleet with a strong interest in this stock, did not enter the scientific technician program until 1986. The central stock, for which the sample sizes are larger, is estimated to have been around half a million animals in the late 1970's, perhaps reducing to about a quarter of a million in the early 1980's (Table 24 and Figure 45). The estimated reduction in the southern stock is greater (Table 25 and Figure 46), although the combination of large standard errors and possibly large biases in these estimates make it difficult to assess whether the decline in this stock is as serious as the data suggest.

### ***Bottlenose dolphins in the eastern Pacific Ocean***

The distribution and herd structure of bottlenose dolphins, *Tursiops truncatus*, in the eastern Pacific Ocean were studied to gain information on a species that is not sought by tuna purse seiners, but is often associated with other cetaceans such as the spotted dolphin, *Stenella attenuata*, which are the object of the fishery. The study allowed a comparison of the herd structure of pelagic populations to that of well-studied populations of bottlenose dolphins in coastal environments. Although the range of this species extends far offshore (Figure 47), little is known about the open-ocean populations. Investigators have suggested previously that the herd sizes of the pelagic populations would tend to be larger than those of the coastal populations because of the greater predation pressure and the rich, but patchy, food distribution presumed to be present in the open ocean. This hypothesis was tested by examining the differences in herd size of bottlenose dolphins with increasing distance from shore. The percentages of bottlenose

dolphins that occurred in mixed-species herds (another way of increasing herd size) were also examined by area.

The median herd size of bottlenose dolphins was 10 animals (mean = 57), although some herds have been estimated to contain over 10,000 animals. The sightings were stratified into the following areas to examine the effect of distance from shore on herd size: (1) "coastal areas" – 1-degree quadrants which contain portions of the coastline; (2) "near-coastal areas" – 1-degree quadrants adjacent to the coastal quadrants; (3) "island areas" – 1-degree quadrants containing offshore islands; (4) "far-western areas" – the area west of 120°W longitude and south of 18°N latitude; and (5) "offshore areas" – the remaining areas. It should be noted that the populations considered to be coastal in this study were more pelagic than those occurring in bays and along beaches which have been the subject of previous studies.

There were significant differences in the sizes of pure bottlenose dolphin herds among the areas (Kruskal-Wallis test,  $p < 0.001$ ). There appeared to be a decreasing onshore-offshore trend in mean herd sizes, although this trend was not reflected in the median herd sizes (Table 26). Because there were greater percentages of large herds in the coastal and island areas, the mean herd sizes in these areas were more strongly affected than the medians.

Twenty percent of the herds containing bottlenose dolphins were mixed-species herds. The proportion of mixed-species herds was significantly different among areas (Chi-square contingency test,  $p < 0.001$ ), and there was a significant increasing trend in the percentage of mixed-species herds among areas that are progressively distant from shore (Table 26). Mixed-species herds were typically found well offshore, being particularly prevalent along the 10°N parallel.

Bottlenose dolphins were sighted in mixed-species herds with 13 other species of cetaceans. The pilot whale was the species most commonly associated with bottlenose dolphins, being present in 40 percent of all mixed-species herds. The next most commonly associated species was the spotted dolphin (36 percent). Sightings data from the tuna vessels are likely to be biased, however, because the tuna fishermen search primarily for, and set on, large herds of spotted dolphins which are most often associated with yellowfin tuna. Research cruise data of the NMFS contained a smaller percentage of mixed-species herds composed of bottlenose and spotted dolphins (12 percent), with greater percentages in associations with Risso's dolphins, *Grampus griseus* (16 percent), rough-toothed dolphins, *Steno bredanensis* (12 percent), and pilot whales (48 percent).

While there appears to be some onshore-offshore effect on the herd size and species composition of bottlenose dolphin herds, pelagic bottlenose dolphins are not absolutely restricted to congregating in either large or mixed-species herds as predicted in the original hypothesis. Even in the furthest offshore areas, for example, about 70 percent of the bottlenose dolphin herds are not associated with other cetacean species. The median herd size of about 10 animals in all five areas of the present study is typical of the populations which occur in bays and along

beaches. The range of estimated herd sizes (from 1 to over 10,000), however, is much broader than that of any previously-studied population of bottlenose dolphins. It appears, however, that small herds are still the norm in the pelagic waters of the eastern Pacific.

### **STATUS OF THE TUNA STOCKS IN 1986 AND OUTLOOK FOR 1987**

It is the responsibility of the IATTC staff to monitor the fluctuations in abundance of the tropical tunas of the eastern Pacific Ocean and to assess the effects of man's activities on their abundance. Each year scientific information gathered by the staff is used to make recommendations for the management of these species. This is accomplished by presenting the information in background documents and orally at the meetings of the Commission. To disseminate this information to the general public it is summarized in this annual report.

#### **YELLOWFIN**

A variety of age-structured and production models have been used by the staff to assess the effect that fishing has on the abundance of yellowfin in the eastern Pacific and to determine its status. The results of these studies are summarized below, followed by a review of the status of the yellowfin resource of the eastern Pacific in 1986 and the outlook for 1987. The format of this presentation is somewhat different from those in previous Annual Reports. Previously the production model analyses had been presented first, followed by the age-structured analyses. In the current presentation, however, the order has been reversed because, as discussed in Annual Reports for previous years, changes in both the age-specific fishing mortality and recruitment have significant effects on the production model analyses, and during 1985-1986 the effects manifested themselves particularly strongly.

##### ***Age-structured models***

Age-structured models make use of data on recruitment and on the growth and mortality of individual fish. Estimates of these parameters are obtained from analyses of data on the length-frequency distributions of the fish in the catches, supplemented by tag return data and other data of various types. The IATTC staff has collected data on the size composition of the catches of yellowfin in the eastern Pacific Ocean since 1954, and in addition has had access to the corresponding data collected during 1951-1954 by the California Department of Fish and Game.

##### ***Yield-per-recruit model***

The most commonly employed type of age-structured model is the yield-per-recruit model. If a group of young fish which reaches catchable size at the same time (a cohort) is present in an area its total weight first increases as the growth in weight of the individual fish is rapid, while the losses to the cohort due to natural

mortality are moderate. Later, however, when the fish grow older their growth rate becomes slower, while the natural mortality continues to be about the same. Thus the losses to the total weight due to natural mortality at that time are greater than the gains due to growth, and there is a net loss to the total weight. Eventually the cohort disappears. The ideal way to obtain the maximum yield in weight from a cohort of fish (assuming, for this discussion, that this is the object of management) would be to harvest each fish just before it died a natural death. This is not possible, of course. The next best alternative would be to harvest all the fish which had not died previously at the age or size ("critical age" or "critical size") at which the loss to the total weight by natural mortality exactly balances the gain to it by growth. This is possible for some animals, such as oysters or clams which are exposed at low tide and can be easily harvested at that time. When the manager of a bed of oysters or clams surveys it at frequent intervals and removes the individuals which have reached the critical size he is exerting an infinite amount of fishing mortality on the animals which have reached that size. It is obvious that this alternative is not practical for most species of fish.

Intuitively, it seems that if the second alternative is not possible the harvesting should begin on fish which have not yet reached the critical size. This is the third alternative, and the only practical one for most species of fish. It is assumed, for the moment, that the age at entry (*i.e.*, the age corresponding to the minimum size of fish which are caught) can be efficiently controlled. If the fishing effort is high an age at entry only slightly less than the critical age would be selected, most of the fish caught would be close to the critical age and size, and the yield would be almost as high as it would be under the second alternative. If the fishing effort is lower an age at entry considerably less than the critical age would be selected, the fish caught would exhibit a wider range of ages and sizes, and the yield would be considerably less than it would under the second alternative (but still the maximum possible without increasing the effort).

It may not be possible, however, to control efficiently the age at entry. If so, the only way to manage the fishery is to control the effort. If the age at entry is greater than the critical age unlimited effort can be permitted, but if the age at entry is less than the critical age restriction of the effort may increase the yield.

So far it has not been mentioned that at least some of the individuals of a cohort of fish must be allowed to spawn at least once before they are harvested. If spawning occurs well before the fish reach the critical size there is probably no danger from this standpoint, but if spawning does not occur until after the fish have reached the critical size, and the fishing effort is high, there is a possibility that the number of spawners would be so reduced that the recruitment in subsequent years would be reduced. Therefore a fishing strategy to produce the maximum yield per recruit will not necessarily produce the maximum yield. If the fishing pattern has an impact on the future recruitment, the maximum yield will be obtained by controlling the fishing to optimize the cohort size and yield per recruit simultaneously. This will be discussed in more detail later. (It should not be assumed, however, that a modest reduction in spawners would reduce the

recruitment in subsequent years, as such does not appear to be the case for most species of fish.) The yield-per-recruit model as described here does not take the possibility of changes in recruitment into account, but this is an integral part of production models, which will be discussed later.

Also, it has not been mentioned that the growth of the individual fish may be slower or the natural mortality rate may be higher when a population of fish is dense than when it is less dense. Accordingly, the loss due to harvesting of some fish at less than the critical size may be at least partially compensated for by faster growth and/or lower natural mortality of the remaining fish. In addition, if the growth or natural mortality rates are affected by population density the critical age and size will vary according to population density. This complication is also not taken into account in the yield-per-recruit model as described here, but it is automatically compensated for in production models.

Proceeding now to yellowfin in the eastern Pacific Ocean, the estimates of growth and natural mortality which the IATTC staff has obtained are not as reliable as desired, but the critical size is estimated to be roughly 111 cm (62 pounds or 28 kg). Most fish caught by the baitboat fishery are considerably less than the critical size. When most of the tuna fleet converted from bait fishing to purse-seine fishing in the late 1950's and early 1960's the average size of the fish in the catch increased, many of them being approximately equal to or greater than the critical size. The average annual catch of yellowfin has been considerably greater during the period after the conversion to purse seining than during the previous period. The offshore expansion of the fishery during the mid- and late 1960's was an important factor in these greater catches, but the increase in the average size of the fish caught was also partially responsible for the increased catches.

The object of management specified by the IATTC convention is to obtain the average maximum sustainable yield (AMSY). The maximum yield per recruit is equivalent to the AMSY, provided recruitment is independent of the number of spawners, as discussed above. The estimated relationships among size at entry, fishing effort, and yield per recruit for two different time periods are shown in Figure 48. (Fishing effort will be discussed in more detail in the section entitled *Production models*.) Various combinations of fishing effort and size at entry give various yields per recruit, which are indicated by the curved lines. The calculations are based upon a coefficient of natural mortality of 0.8 (about 55 percent per year if there were no fishing mortality), the growth-in-weight data shown on page 55, and the following coefficients of fishing mortality obtained from the biomass analyses described in the next section:

Group	Period	Weight	Annual coefficient of fishing mortality	
			1977-1981	1985-1986
X	first quarter of first appearance in the fishery	4.0 lbs (1.8 kg)	0.17	0.01
X	second and third quarters'	5.6-8.0 lbs (2.5-3.6 kg)	0.72	0.10
X	fourth through eighth quarters	10.2-36.1 lbs (4.6-16.4 kg)	0.72	0.20
X	ninth quarter	45 lbs (20.4 kg)	0.72	0.70
X	all subsequent quarters	55.1-200 lbs (25.0-90.7 kg)	0.72	1.10
Y	first quarter	4.0 lbs (1.8 kg)	0.20	0.08
Y	second through sixth quarters	5.6-18.9 lbs (2.5-8.6 kg)	0.98	0.33
Y	seventh through tenth quarters	27.0-55.1 lbs (12.2-25.0 kg)	0.98	0.67
Y	all subsequent quarters	67-200 lbs (30.4-90.7 kg)	0.98	1.18

(The X and Y groups are defined in the section entitled *Biomass analyses*.) During the 1977-1981 period the fishing effort was directed more or less equally toward small, medium, and large fish, whereas during the 1985-1986 period the effort was directed most toward large fish and least toward small ones. The effects of this shift can be seen in the length-frequency histograms in Figures 12 and 13 and the age-frequency histograms in Figure 51. The values on the horizontal scale of Figure 48 are multiples of the fishing effort during the years in question, *i.e.* 0.2, 1.0, and 2.0 represent values about one fifth of, equal to, and twice the average effort values for the respective time periods. With an infinite amount of effort the optimum size at entry would be 62 pounds (28 kg), the critical size, and the yield per recruit would be 8.3 pounds (3.8 kg). The sizes at entry which would produce the maximum yields per recruit for various multiples of fishing effort are shown in Figure 48 as dashed lines. These are called eumetric fishing curves. For the 1977-1981 case, it can be seen in Figure 48 that if the effort were to increase to about 1.5 times the 1977-1981 level and the size at entry to about 30 pounds (13.6 kg) the yield per recruit would increase to about 7.5 pounds (3.4 kg). For the 1985-1986 case the yield per recruit would increase to about 7.8 pounds (3.5 kg).

The above description contains the implicit assumption that alteration of the age at entry does not change the areal distribution of the fishing effort. Such would be the case if the fishery operated as follows. At first, when the age at entry was low, the vessels would search for schools of fish, finding some containing small



fish and some containing large fish, and setting on both. Later, when the age at entry was increased, the vessels would search in the same manner as before, but would set only on the schools containing large fish. Hence the effort directed toward large fish would be the same in the second period as in the first. However, it is believed that if for any reason the age at entry for yellowfin were increased there would be a tendency for the fishermen to search less in the area-time strata containing a preponderance of small fish and more in those containing a preponderance of large fish, so the fishing effort on the large fish would most likely increase. In general, this would tend to increase the yield per recruit more than indicated in Figure 48. It appears that this has happened in recent years.

Utilizing the results of these analyses of yield per recruit and making certain assumptions about recruitment and fishing mortality, it is possible to estimate the total yield. For example, if from Figure 48, top panel, the age-specific fishing mortality equivalent to a multiplier of 1 is selected the yield per recruit, determined from the lower edge of the figure, is 5.5 pounds, and if the recruitment is assumed to be 62 million fish, which is the weighted average for the 1977-1986 period, the total yield would be 170 thousand short tons. If the lower panel is used the yield per recruit would be 6.8 pounds and the yield 211 thousand tons. In other words, with the same recruitment and the same amount of effort, a size-specific fishing mortality pattern like that of 1985-1986, rather than that of 1977-1981, would increase the yield by about 24 percent.

### ***Biomass analyses***

In addition to studies of the yield-per-recruit model, age-structured biomass analyses have been performed by the IATTC staff. As a first step, the fish in the catch must be assigned to cohorts. (A cohort consists of all the fish recruited to the fishery at the same time, such as the X68 cohort, which first entered the fishery in small numbers during the first half of 1968 and contributed to it significantly for the first time during the second half of that year, and the Y68 cohort, which first entered the fishery in small numbers during the second half of 1967 and contributed to it significantly for the first time during the first half of 1968.) The recruitments to the X and Y cohorts have been estimated, on the average, to be about the same (Table 27). Then estimates are made of the numbers of the fish of each cohort at the time of recruitment and at various intervals thereafter and of the numbers which are caught and which die during each interval. These numbers are converted to weights from data on the average weights of fish of different sizes to calculate the biomass estimates. The information needed for these calculations includes the numbers and average weights of fish of each cohort in the catch, an estimate of the natural mortality rate (or estimates of a series of rates if the natural mortality is not constant for the fish of different ages), and an estimate of the fishing mortality rate for at least one catch interval for each cohort. These are called the "initiating" rates of fishing mortality. All of these estimates are obtained from analyses of catch statistics and length-frequency and length-weight data. The results of these analyses are not as accurate as desired because, although fish of different cohorts can be distinguished from one another

when they are young, this becomes increasingly difficult as they grow older, so older fish are probably often assigned to the wrong cohorts. Thus not only are the estimates of the catches of fish of each cohort less accurate than desired, but the estimates of the mortality rates are somewhat crude. Specifically, an estimate of 0.8 for the instantaneous annual rate of natural mortality is used, but it is suspected that this rate varies with age, being higher for younger fish and lower for older ones. Also, the catchability of the fish varies according to age, area, season, weather, and other circumstances, and this introduces "noise," and possibly bias as well, into the calculations.

Age-structured biomass analyses have been conducted for 1964 through 1986. The quarterly estimates of the average numbers of fish by age group for 1968 through 1986 are given in Table 28 and those of the annual average biomasses of fish by age group for 1967 through 1986 are given in Figure 49. Different initiating rates of fishing mortality were estimated for the quarters during which different cohorts were last exploited, dependent on fluctuations in effort from season to season. In addition, for purposes of comparison, calculations were made for all cohorts with initiating rates higher and lower than those considered to be the best estimates.

The estimated average populations of fish of any cohort, in numbers of fish, can be obtained from Table 28. For the X68 cohort, for example, there was an average of 24,724,000 1-year-olds during the first quarter of that year, and the population of that cohort during the second, third, and fourth quarters averaged 20.2, 16.4, and 13.2 million fish, respectively (1968 rows, I column). In 1969 the average populations of 2-year-olds of that cohort during the first through fourth quarters were 10.4, 8.0, 6.3, and 5.1 million fish, respectively (1969 rows, II column), and so on. The average numbers of 1-, 2-, 3-, and 4-year-olds of the four X cohorts (1968, 1967, 1966, and 1965) during the first quarter of 1968 were 24.7 million, 8.3 million, 3.6 million, and 0.1 million, respectively (1968, first row). The situation is the same for the Y cohorts as for the X cohorts, except that there is a 0 column for the youngest fish, none of which are assumed to be caught prior to the third quarter of the year. Also shown in Table 28 is a V+ column, which includes the older fish, none of which can be assigned to cohorts, and whose population size was estimated indirectly from catch data and mortality estimates of younger fish. It is assumed that half of these belong to the X cohorts and half to the Y cohorts.

Estimates of the numbers of recruits for each cohort for 1967-1986 (*i.e.*, the average numbers for the initial quarters) are listed in Table 27. The annual averages for the X and Y cohorts are nearly the same, 26 million for the Y cohort and 24 million for the X cohort. The variability among years is almost the same for the Y cohort (3.6) and the X cohort (3.3), but that for the combined data (2.9) is less than for either. The recruitment has been variable, but the average for 1977-1986 has exceeded that for 1967-1976. There is no evident trend in recruitment within the 1977-1986 period, however.

The average weights of the fish during each quarter, beginning with the quarter they are recruited into the fishery, were estimated to be:

Average weight			Average weight			Average weight		
Quarter	Pounds	Kg	Quarter	Pounds	Kg	Quarter	Pounds	Kg
1	4.0	1.8	7	27.0	12.2	13	98.0	44.5
2	5.6	2.5	8	36.1	16.4	14	111.1	50.4
3	8.0	3.6	9	45.0	20.4	15	122.0	55.3
4	10.2	4.6	10	55.1	25.0	16	130.0	59.0
5	13.5	6.1	11	67.0	30.4	17	134.0	60.8
6	18.9	8.6	12	83.0	37.6	18	136.0	61.7
						19+	157.0	71.2

These values were multiplied by the corresponding values in Table 28 to calculate the estimated average annual biomass (total weight averaged over four quarters) of each cohort. These data are shown in Figure 49. It is easy to see the relative strengths of the various cohorts from this figure. For example, the X68 and Y68 cohorts (diagonal lines) were both relatively strong, for even though the fish were fished heavily in 1968 when they were small their biomass remained high in the succeeding years. The Y73 cohort, on the other hand, was only average, for after having been fished heavily in 1973 its biomass was low.

In Figure 50 are shown the average quarterly and annual biomass estimates for 1968 through 1986 for all fish regardless of age and for "large fish" (all Y-cohort fish which had been in the fishery more than six quarters since recruitment plus all X-cohort fish which had been in the fishery more than eight quarters since recruitment). The data for 1964-1967 are not shown because during that period the area of fishing in the CYRA was still expanding and the cohort biomass estimates for those years are biased downward. During 1968-1971 the total biomass averaged about 350 thousand tons. This was comprised of a large proportion of older fish resulting from the fish of the above-average 1966 and 1967 recruitments which were exploited lightly as young fish. Below-average recruitment, coupled with increasing exploitation rates during 1969-1972, resulted in a decline in the biomass during 1972 and 1973 of both the younger and older fish. The lower biomass of older fish persisted through 1974, whereas the abundance of smaller fish increased in 1974 as a result of an extremely large 1974 year class. That year class accounted for most of the increase in biomass of large fish in late 1975, all of 1976, and early 1977. The third largest catch of yellowfin inside the CYRA in the history of the fishery was made during 1976. Below-average recruitment during 1976 and 1977, coupled with heavy exploitation of young fish from 1973 to 1982, resulted in the biomass of both young and old fish decreasing in 1982 to the lowest level observed. Although the 1978 and 1979 recruitments were high, the former exceeded only by that of 1974, and probably that of 1985, so many of the fish were captured as 1- and 2-year-olds that they did not contribute heavily to the fishery in 1981 or 1982. The recruitment was average in 1980, slightly above average in 1981 and 1983, slightly below average in 1982, very high in 1984, and probably the highest on record in 1985. Not only was the 1985 recruitment probably the highest on record, but 1984 and 1985 together produced the highest combined recruitment on record (about 20 percent higher than the next-highest combination

of two years, 1978-1979). The biomass increased in 1983, due primarily to lesser fishing effort, and greatly increased in 1984 and 1985 due to excellent recruitment and reduced fishing on young fish. The benefits from the 1984 and 1985 recruitment continued into 1986, in spite of the large increase in catch. Preliminary estimates of the 1986 recruitment indicate that it was about average.

The annual catches, in short tons, of fish of the X and Y cohorts, and of both cohorts combined, during 1968-1986 are shown in Figures 51 and 52. In Figure 51 each panel contains the catches of fish of different cohorts in the same year, whereas in Figure 52 each panel contains the catches of fish of the same cohort in different years.

Comparison of Figures 49 (annual estimates of the biomass of the X and Y groups), 50 (quarterly estimates of the total biomass and the biomass of large fish), and 51 and 52 (catches during each year by age and cohort) reveals the changes which have taken place in the age composition of the population and the catch. During the 1970's, when the fishing effort was high, fewer and fewer individuals survived to reach the larger sizes. The fishing effort was reduced in 1982, 1983, and 1984, which permitted many fish which would have been caught while young to grow larger. The age-structured biomass analysis sheds further light on this subject. The total contribution each X plus Y cohort has made to the fishery throughout its life in the fishery has been estimated for the 1967 through 1982 cohorts, using the data in Table 28, and these are shown in Figure 52. They ranged from 117 thousand tons for the 1967 cohort to 268 thousand tons for that of 1974, with an average for the 16 groups of 155 thousand tons. If the Y74 cohort had not been fished so heavily in its first year the catches for that cohort would have been even greater. It is expected that the 1985 cohort, which will probably be the highest on record and which is being fished at a more optimum size, will yield a new record catch for a cohort. Division of these cohort catches (1967-1982) by the corresponding estimates of recruitment (values in Table 27B adjusted to the initial numbers) gives yield-per-recruit estimates which varied from 4.2 to 7.6 pounds, (1.9 to 3.4 kg). The initial recruitment varied from 32 million to 92 million fish, averaging 53 million fish, and produced an average yield per recruit of 6.0 pounds (2.7 kg). These observed estimates of yield per recruit can be compared with similar estimates derived from the models of yield per recruit discussed earlier and shown in Figure 48. In both cases it was assumed that recruitment occurred at 40 cm (2.8 pounds or 1.3 kg). In the first case (upper panel), using a catch composition similar to that of 1977-1981 when more smaller fish were caught, the maximum yield per recruit is estimated to be 5.5 pounds. For the second case (lower panel) using a size composition of catch similar to that of 1985-1986 when more larger fish were caught, the maximum yield per recruit is estimated to be 6.8 pounds. The maximum yield per recruit of 5.5 pounds is less than the observed average value of 6.0 pounds because the fishing was more dependent on smaller fish, whereas the maximum yield per recruit of 6.8 pounds is greater than the observed value because in this case the fishing in 1985-1986 was more dependent on larger fish. This demonstrates that for the same level of recruitment a 24-percent increase in yield can be realized by catching fish corresponding to the

larger sizes caught in 1985-1986, rather than corresponding to the smaller sizes caught in 1977-1981. The estimated initial recruitment for 1977-1981 has averaged 62 million fish, which produced about 168 thousand tons per cohort at a yield per recruit of 5.4 pounds. If the yield per recruit had been 6.8 pounds the yield per cohort would have been about 210 thousand tons. It was pointed out in previous Annual Reports of the IATTC that a shift of fishery effort from smaller to larger fish would increase the yields per recruit and catches. Such a shift did occur in 1985 and 1986, and at the current levels of effort the gain from this change in the size composition of the fish in the catch is proving to be great. If the fishery continues to catch mostly older fish and the effort remains at the same level or increases there should be a sustainable increase in the yield per recruit and catch.

### ***Production models***

Production models, in contrast to age-structured models, make use of data on the population as a whole, rather than on individual fish. When a population of fish has not been exposed to a fishery it is at the maximum size that the environment permits. Lack of food, lack of suitable living space, presence of predators, etc., prevent the population from growing beyond that maximum. When, over the long run, gains to the population by recruitment and growth are balanced by losses due to natural mortality the population is said to be in equilibrium. There may be years of especially favorable environmental conditions when the population is greater than average and years of especially poor environmental conditions when the population is less than average, but these can often be ignored when looking at long-term trends.

If one or more fishing boats began to fish on the population the catch per unit of effort (catch per day of searching, for example), which is assumed to be proportional to the size of the population, would initially be relatively high, as the population would be at its maximum. The gains to the population would still include recruitment and growth, but the losses to the population would include not only natural mortality, but also fishing mortality. Thus the population would be reduced. In response to the reduction in population the rates of recruitment, growth, and/or natural mortality would change, the gains from the first two exceeding the losses from the third. If the boats stopped fishing this net gain would cause the population to increase gradually to its original size. As the population approached that size the rates of recruitment, growth, and/or natural mortality would gradually approach their previous levels until they were the same as before the fishery began. The population would thus be restored to equilibrium at its maximum size. If the boats continued to fish at the same rate, however, the population would eventually come into equilibrium with different rates of recruitment, growth, and/or natural mortality and a population size which was less than the original population size. The catch per unit of effort (CPUE) would still be proportional to the population size. If there were only a few boats the population size would be only slightly reduced and the CPUE would be relatively high, but if there were many boats the population would be considerably reduced and the CPUE would be much lower.

The total catch would be the product of the CPUE and the total effort. If the fishing effort were relatively low, modest increases in effort would more than offset the corresponding decreases in CPUE, resulting in higher catches, but at higher levels of effort such would not be the case. At some intermediate level of effort the product would be at its maximum. If the object of management is to obtain the average maximum sustainable yield (AMSY) of fish (which is the objective stated in the IATTC's convention) the fishing effort should be maintained at that level. If the object is maximum profit the effort should be somewhat less (assuming that the price remains constant), and if the object is maximum employment of fishermen the effort should be somewhat higher. If the effort is less than whatever optimum is selected, the population is said to be underfished, and if the effort is greater than that optimum, the population is said to be overfished.

It is easiest to consider the interrelationships of effort, catch, and CPUE at equilibrium conditions, but it must be recognized that such conditions are not always in existence. For example, if the population is at equilibrium near its maximum and the effort is suddenly increased the CPUE will gradually decrease for a period before a new equilibrium point is reached with a lower CPUE. The catches will be greater during the period of transition than at the new point of equilibrium. Likewise, if the population is at equilibrium at a low level and the effort is suddenly decreased the CPUE will gradually increase for a period before a new equilibrium point is reached with a higher CPUE. The catches will be less during the period of transition than at the new point of equilibrium.

It is appropriate at this point to examine the applicability and usefulness of production models for the yellowfin resource of the eastern Pacific Ocean. The previous discussion has dealt with "a population of fish." Production models are not applicable unless the amount of interchange between the fish in the area of study and adjacent areas is relatively low. The extent of interchange of yellowfin between the CYRA and the area outside the CYRA (Figure 53) has been studied, and the results are discussed in previous Annual Reports of the IATTC. In summary, the results indicate that there is some intermixing of fish between the two areas, but not enough to invalidate the use of the model.

Assuming that production models are applicable, that fact can be detected only if (1) there are catch, effort, and CPUE data available for a wide range of levels of fishing effort, preferably including levels on the overfishing side of the curve and (2) the perturbations caused by fluctuations in environmental conditions are not so great as to mask the changes in apparent abundance caused by fluctuations in fishing effort. It will be seen below that data are available for a wide range of levels of fishing effort. The effects of environmental conditions have been studied and reviewed in previous Annual Reports of the IATTC. As far as could be determined, these effects usually balanced out over fairly short periods of time, so it was decided that they could be ignored without invalidating the use of the model. The period of late 1982 to early 1984 includes the strongest El Niño conditions which have been recorded, however, so the effects of this phenomenon

on the fishery have been given special attention in assessing the fishery in 1986 and the status of the stock in 1987.

Effort has been mentioned, but so far no mention has been made of the fact that there are different kinds of effort, *i.e.*, baitboat, purse-seine, and longline effort, and effort by different sizes of vessels. In most cases the different kinds of effort data cannot simply be combined to obtain a value of the total effort. There are two alternatives. First, the data for only one type of gear, ordinarily the most prevalent one, can be considered. This will be called the standard type. The total catch by all types of gear, divided by the CPUE for the standard type, provides an estimate for the total effort in units of the standard type. Second, the efficiency of each type of gear relative to that of the standard type can be estimated, and the standardized effort for each type can then be obtained by adjusting the raw effort data by the proper factors. Then the raw effort data for the standard type of gear and the standardized effort data for the other types can be summed to obtain the total standardized effort. The IATTC staff has used the first alternative and various combinations of the first and second alternatives. Unstandardized and standardized effort have been measured in days of fishing and standardized days of fishing, respectively, and the corresponding CPUEs have been referred to as catch per day's fishing (CPDF) and catch per standardized day's fishing (CPSDF). In this report only effort estimated by dividing the total yellowfin catch by the yellowfin CPDF of unregulated class-6 purse seiners (more than 400 tons capacity) is used except in the searching time model (Figure 55, middle panel), which will be discussed later.

The symmetrical production model, described below, was first applied with baitboat catch, effort, and CPUE data for the period of 1934-1955, which furnished a wide range of effort on the underfishing side of the curve. These data indicated that, within the ranges of fishing effort for which data were available, the population conformed to the model. In 1960 and 1961, for the first time, the effort was greater than optimum, and the population responded in the ensuing years with lower CPUEs and catches, which gave further indication that the model was applicable.

The fishery prior to the mid-1960's was pursued only in the inshore portion of the CYRA and in the vicinity of a few offshore islands and banks. During the mid- and late 1960's, however, the fishing fleet began to increase in size and extended the range of fishing effort to much further offshore. The inshore and offshore areas, termed Areas A1 and A2, respectively, are shown in Figure 53. If the interchange of fish between these two areas is instantaneous the AMSY of the two areas combined would be the same as that of Area A1 alone, but if there is no interchange the AMSY of the two areas combined would be the sum of the individual AMSYs of the two areas. Studies have shown that there is relatively slow interchange of fish between the two areas, so the AMSY for the entire CYRA is greater than that for Area A1, but less than the sum of the individual AMSYs. These studies have been described in more detail in previous Annual Reports of the IATTC.

As mentioned previously, data which encompass a wide range of effort are required to establish the AMSY and the corresponding effort and CPUE values. In 1968, after it had become apparent that the estimate of the AMSY calculated for Area A1 was not applicable to the entire CYRA, the Commissioners authorized the staff to undertake an experimental overfishing program so that an estimate of the AMSY for the CYRA could be obtained as quickly as possible. This was necessary because the effort had been relatively constant during the few years since the offshore expansion of the fishery had begun. When levels of effort in excess of optimum were reached the catch would be reduced, or at least would fail to increase. Then the effort could be reduced to increase the catch eventually (assuming that it had previously been reduced), and so on, until a sufficiently good estimate of the AMSY was obtained. This takes quite a bit of time, however, due to the fact that the population does not respond instantly to changes in the fishing effort, and also because perturbations caused by environmental factors tend to make interpretation of the results more difficult. The experimental overfishing program remained in effect through 1979.

In the IATTC Annual Report for 1985 four analysis based on production models were discussed. Two of these employed the logistic or symmetrical model, for which it is assumed that the equilibrium relationship between catch and CPUE is linear. The other two employed the generalized stock production model, for which the equilibrium relationship between catch and CPUE need not be linear. For all of these only the effort data estimated by dividing the total catch by the CPDF for Class-6 vessels (greater than 400 tons capacity) were used. (In previous years another method, which employed the logistic model and data standardized to Class-3 vessels (101-200 tons capacity) was employed. However, because of the paucity of Class-3 vessels, only the CPUE data for Class-6 vessels are currently used.)

For two of the fits, (1) and (2) below,  $q$ , the coefficient of catchability, was set equal to 0.000039, the estimate obtained previously with data for earlier years, implying that the catchability of the fish of the various ages has not changed with time. For the other two, (3) and (4) below, the coefficient of catchability was re-estimated using data for 1968-1984. The data for these four curves are as follows:

Fit	$m$	$q$	Maximum sustainable yield in thousands of short tons	Sum of squares (x $10^{-9}$ )
(1)	2.0	0.000039	175	1.189
(2)	0.8	0.000039	173	1.259
(3)	2.0	0.000034	172	1.218
(4)	0.8	0.000021	152	1.492

$m$  is a parameter which controls the shape of the curve; 2 makes it symmetrical, values less than 2 make it skewed to the right, and values greater than 2 make it skewed to the left. The sum of squares is a measure of the goodness of fit of the points to the curve, lower values of the sum of squares indicating better fits and vice versa. The data, including the points for 1985 and 1986, for the first two relationships are plotted in Figure 54.



Several things from this analysis were pointed out in the IATTC Annual Report for 1985. First, for three of the four methods the AMSY was estimated to be about 175 thousand tons, the same as estimated for previous years. Second, during 1976-1981 the effort had exceeded the amount necessary to achieve the AMSY. The catches tended to decrease during those years, suggesting that the production model was doing a reasonably good job of describing the status of the yellowfin stock with regard to effects of fishing. Third, the 1982-1985 levels of effort were near the optimum in most cases. Fourth, it was still uncertain as to whether the symmetrical or asymmetrical forms of the model better describe the dynamics of the yellowfin stock. The data accumulated during the past few years up to 1984 seemed to favor the latter, with 0.8 being the "best" estimate for  $m$ , but when the 1985 data were added it was apparent that the sums of squares were less for the symmetrical forms of the model, so it was uncertain which value of  $m$  was the best. These changes in levels of confidence from one form of the model to another are indications of the instability of parameter estimation over the range of data observed in the fishery in recent years, and emphasizes the need to examine age-structured models, as well as production models.

The top panel of Figure 55 shows the CPDF values for 1968-1986. The middle panel of that figure shows an index of abundance based on a "searching time" model (IATTC Bull., Vol. 18, No. 4) which is similar to the CPDF model. Biomass indices of abundance of yellowfin, derived from the cohort analyses described previously, are shown in the bottom panel of the figure. The searching time and cohort indices show lesser declines for the 1970-1980 period than that shown by the CPDF indices, and the cohort index shows a greater recovery since 1980.

The high CPDFs shown in Figure 55, top panel, indicate yellowfin to be at their greatest abundance since the early 1970's. An increase was expected, due to the low catches in 1982 and 1983 which permitted the population to increase. The CPDFs in 1984, 1985, and 1986 have been even higher than expected, however. This was probably caused by (1) above-average recruitment, (2) the fact that, due to the lower prices for skipjack and small yellowfin, less of the effort was expended in areas where skipjack occur, and (3) the larger average size of yellowfin taken, which resulted in a higher yield per recruit. With reference to point (2), it should be noted that the searching time model (Figure 55, middle panel), which includes an adjustment for the effect of fishing in areas where skipjack occur, shows a smaller increase in recent years than does the CPDF model (Figure 55, top panel).

Based on production model analyses employing data for 1968-1985, it was stated in the IATTC Annual Report for 1985 that to bring the stock to its optimum size the 1986 catch should not exceed 224 thousand tons. However, because some estimates indicated a lesser amount than this, the 1986 maximum quota was set at 205 thousand tons. It can be seen in Table 29 that the 1986 catch reached 256 thousand tons, and yet the indices of abundance do not show a decline during 1986. It will be shown below that the most likely reason for this unexpected increase in production is increased recruitment.

Fluctuations in recruitment and changes in age-specific fishing mortality have always created difficulties in applying the results of production model analysis. As has already been stated, the 1984-1985 recruitment was higher than that of any other 2-year period on record, and these high levels of recruitment, coupled with changes in age-specific fishing mortality, make reliance over the short term on production model analyses alone misleading. For example, adding the 1986 data to the 1961-1985 data base and re-estimating the production model parameters makes little change in the estimates presented earlier. The results of these analyses are shown in Figure 54. The estimates of AMSY and optimum effort are little changed relative to earlier estimates, and over the long term both models describe the average potential production from the stock fairly well. For both fits,  $m = 2.0$  and  $m = 0.8$ , the sums of squares are about the same, indicating once again the difficulty in choosing which model fits the data better. For both models, when the observed CPDF is compared to the expected CPDF computed from the model itself (Figure 56) they are seen to correspond fairly well, on the average, over the series of years shown. In specific years there are wide divergences, however, particularly in recent years. Most startling in these comparisons is the marked difference for 1986, which shows the expected abundance of yellowfin in that year to be substantially less than the observed abundance. The reason for this is that the production models are essentially regression models which respond to average conditions, and cannot reflect the effects of large, short-term changes in recruitment or age-specific mortality.

#### ***Status of the stock in 1986 and considerations for 1987***

##### ***Inside the CYRA***

If it is assumed that the production models used to this time best describe the status of the yellowfin stock in the eastern Pacific there should be a sharp decrease in the catch during 1987. Both fits to the model,  $m = 2.0$  and  $m = 0.8$  (Figure 54), predict the abundance of yellowfin during late 1986 and early 1987 to be at about the 1977-1978 level. At that level of abundance the model predicts a 1987 equilibrium catch of about 160 to 170 thousand tons with 27 thousand days of effort. It also predicts that if the effort in 1987 remains at about the level it was during recent years (about 16 thousand days) the catch will be less than 130 thousand tons. It is clear from the analyses described earlier in this paper, however, that these are substantial underestimates.

The yield-per-recruit analyses have demonstrated that for a given number of recruits coming into the fishery the yield can be changed by more than 20 percent by altering the size composition of the catch. In Figure 57 are shown the yields per recruit for two different patterns of age-specific fishing mortality. The dashed line was computed using the age-specific fishing mortality, or size composition of the catch, observed during 1985-1986, a period when the fish in the catch were larger, on the average. The solid line shows the yield per recruit using the size composition of the catch experienced during 1977-1981, when the fish were smaller, on the average. If the recruitment were constant and the effort maintained at

about the 1983-1986 level, an increase in yield of at least 20 percent would be achieved by catching the fish at larger sizes (dashed line in Figure 57).

To make the relationship between change in the size of the fish in the catch and potential production more easily understandable, the results obtained from the production and yield-per-recruit analyses are integrated in Figure 58, a three-dimensional representation of the relationship between productivity and fishing effort. In this figure the effects of changing the age-specific fishing mortality, or average size of fish in the catch, on the productivity of the stock in terms of production-type models are depicted. The various curves represent the relationships between productivity and fishing effort with various regimes of age-specific fishing mortality. There is a maximum production value for the XY plane representing each regime, but somewhere in the XYZ space there is a single point representing the overall maximum production value, and the XY plane passing through that point corresponds to the regime of age-specific fishing mortality which can result in the maximum production.

It is estimated that the recruitment has fluctuated by a factor of about 3, and over the observed range of data for the fishery it does not appear to be related to the stock size. This adds to the difficulties in making short-term predictions using production models. If the predictions from this model are to be improved it is necessary to use information about the recruitment. It would be best to be able to predict the recruitment a year or two in advance. One of the reasons the Commission's laboratory at Achotines, Panama, was established was to obtain information which will make it possible to predict the recruitment of yellowfin, but useful information will not be available in the near future. As was reported in the IATTC Annual Report for 1985, fluctuations in recruitment seemed to be related to major changes in the ocean environment. Examination of the estimates of recruitment derived from the cohort analyses and presented in Table 27 show strong positive anomalies in recruitment in 1971, 1974, and 1978. These increases in recruitment were preceded by general warming conditions, El Niño, in 1969, 1972, and 1976. On the basis of this relationship it was not unexpected that there would be an increase in recruitment following the strong 1982-1983 El Niño, and indeed the 1984-1985 recruitment is proving to be the greatest on record. The mechanisms underlying this relationship between El Niño and increased recruitment are not understood, but may be related to the factors that affect survival of young fish in the area of the fishery or to changes in the rate that eggs, larvae, and postlarvae drift into or out of the eastern Pacific with major ocean currents. These currents change speed, and in some cases even direction, during El Niño conditions. Since the effect of an El Niño episode is not seen in the fishery until about 2 years after event occurs, if the relationship persists it will be a useful indicator of positive changes in recruitment.

To evaluate the effect of increased recruitment on the total yield two levels of recruitment have been applied to the data. In the first case the yield-per-recruit estimate based on the 1985-1986 size composition of the catch was used with the estimate of average recruitment for 1967-1986 to compute the total yield; the results are shown as a solid line in Figure 59. In the second case the same yield-

per-recruit estimate was used with the 1984-1985 estimate of recruitment, and the results are shown as a dashed line in the figure. It is readily apparent that large increases in the yield result from increased recruitment.

The two variables are combined in Figure 60, which shows the yields with high recruitment and the age-specific fishing mortality of 1985-1986 and with average recruitment and the age-specific mortality of 1977-1981. It can be seen that the yield increases by as much as 60 percent, about one-third attributable to the change resulting from catching larger fish and two-thirds resulting from increased recruitment.

Similar analyses can be performed to estimate the abundance and catch in 1987. Cohort analysis provides an estimate of the number and weight of each age group in the fishery at the beginning of 1987, with the exception of those fish to be recruited in 1987. It should be noted that the 1986 estimate of recruitment is preliminary and subject to change. This is because the recruits have been exposed to the fishery only 1 year, and if their vulnerability to capture was above or below average the recruitment would have been over- or underestimated. This analysis will provide an estimate of the expected yield, provided certain assumptions regarding the level of abundance of the fish recruited and the age-specific fishing mortality during 1987 are fulfilled. The recruitment during 1986 and 1987 has been assumed to be average and the age-specific fishing mortality to be the same in 1987 as it was during 1985-1986. The results indicate that the catch during 1987 would be essentially the same as that of 1986 and that the abundance would decrease by less than 15 percent. If the fishery reverts to catching smaller fish, however, as was the case during 1977-1981, the 1987 catch would still be high, but by 1989-1990 it would be 15 to 23 percent less than that which could be obtained by continuing the current age-specific fishing mortality pattern. If the recruitment during 1986 and 1987 proves to be below average the 1987 catch would be less than predicted, of course.

The analyses for 1987 can be extended through 1990. Based on the biomass of fish at the beginning of 1987, and assuming stable age-specific fishing mortality and average recruitment, the catch should exhibit a downward trend from the current levels to about 190 to 210 thousand tons by the end of 1990, depending on the recruitment. With this regime the population of fish by the end of 1990 should be near its optimum level (Figure 61), and would continue to sustain high catches, providing the recruitment and age-specific fishing mortality do not change. Of course, to predict the catches so far in the future is highly risky, at best, as both recruitment and age-specific fishing mortality are highly variable.

In summary, evaluating the effect of fishing on the abundance and yield of yellowfin in the eastern Pacific is difficult. Using the production models alone would result in biased results, so the staff has combined the results of three different models, yield-per-recruit, cohort, and production, to arrive at what are believed to be the best conclusions. However, the predictive capability of such analyses is subject to a high level of error. The staff is currently attempting to reformulate the production models to incorporate the variable effects of age-specific fishing mortality and recruitment.

With regard to the establishment of a catch quota during 1987, the foregoing analyses demonstrate that the stock of yellowfin in the CYRA is at a high level and that the catch during 1987 should be about the same as that of 1986. With the current fishing capacity available in the eastern Pacific there is little or no danger of overfishing, so the staff does not recommend a catch quota for 1987. In regard to the years beyond 1987, it has already been stated that if the recruitment is average and the age-specific fishing mortality does not change good fishing should continue through this decade. However, if the recruitment decreases or the fish are harvested at smaller sizes the catches will decrease.

It is not possible to control the recruitment, but it is theoretically possible to alter the size composition of the catch. This latter point has been made on numerous occasions, but no recommendations have been made for protecting the smaller fish. However, the catches of small fish have decreased during 1985 and 1986, as was pointed out previously. This change in size composition of the catch was due to lesser demand for small fish, and there is no assurance that this situation will continue. If the demand for tuna increases the effort directed toward small yellowfin and skipjack will probably increase. At present most of the major tuna fisheries of the world are producing high levels of catch, and the demand does not exceed the supply. If the catches were to decrease in one or more of these major fisheries, however, the balance would be upset and attempts would be made to increase the catches in the other areas. If that happened fishing effort in the eastern Pacific would likely increase, and more small yellowfin might be harvested. There are several possible methods to reduce the catches of small fish. First, the fishing effort could be reduced. Second, a minimum size limit could be set. Third, if small fish are predominant in certain areas during certain seasons fishing in those areas at those times could be restricted. Fourth, assuming that a system of annual closures could be reinstituted, the opening date of the season could be shifted so as to reduce the amount of fishing during some period when small fish are most abundant in the catch. With regard to the first approach, it has been pointed out that reduced fishing during the 1982-1984 period has increased the average size of the fish in the population, which has increased its productivity. Further decreases in effort would probably not increase the catch, however, and anyway this remedy does not apply in this case, since the subject under discussion is increased effort in the eastern Pacific due to poor catches elsewhere. With regard to the second approach, analyses of size composition data show that in general there is a high incidence of small fish mixed with larger fish and of skipjack mixed with small yellowfin. This would make the problem of protecting small yellowfin difficult because these might be caught in large numbers by vessels attempting to catch larger yellowfin and skipjack. If these small yellowfin could not be landed they would be thrown back into the sea dead, and the yield per recruit would be decreased, rather than increased. With regard to the third approach, closure of areas where small yellowfin are most abundant might increase the yield per recruit of yellowfin, provided the fleet was able to operate successfully in large-fish areas, but the decrease in catches of skipjack would probably exceed the increase in catches of yellowfin, since skipjack are most abundant in the areas where small yellowfin are most abundant. With regard to the fourth approach, it does not

appear as though shifting the opening date of the season would be beneficial. During the earlier years of the period during which annual closures were in effect, when most of the fishing effort was generated during the first half of the year, only small catches were made of Y-cohort fish entering the fishery for the first time at about 3.4 to 6.8 pounds (1.5 to 3.1 kg) during the second half of the year. It was thought that this was due mostly to the lack of vulnerability of the fish of this group to the fishery. During the later years, however, there was heavy fishing during the second half of the year, and the catches of the entering Y-cohort fish increased substantially. Therefore, the benefits of shifting the season may not be as great in protecting the younger fish as originally hoped. The staff cannot recommend any of the above measures at this time because the effect of such regulations on the actual catches (not landings) of small fish cannot be predicted.

### ***Outside the CYRA***

The fishery has operated in the area outside the CYRA (Figure 53, Area A3) since 1968 (Table 29). Relatively little fishing takes place there during the first half of the year, primarily because of bad weather. By the time the weather improves in May-June, or soon thereafter, the CYRA has in many years been closed to unrestricted fishing, and many of the larger vessels of the international fleet have moved to the area outside the CYRA. Tagging experiments have indicated that the rate of mixing between this area and the CYRA is low, so the yellowfin of the area outside the CYRA, to date, have been considered separately from those of the CYRA.

In 1969 the CPDF was greater than 20 tons, but during the 1970-1984 period the CPDFs were fairly constant, between 7 and 13 tons (Figure 62, upper panel). In 1985 the CPDF increased to nearly the 1969 level and the 1986 value surpassed it. The upward trend in the CPDFs for 1983-1986 matches that for the CYRA (Figure 55, upper panel). It is believed that this is because the same factors which affected the CPDFs inside the CYRA affected those outside the CYRA in the same way. In 1969, 1970, and 1971 the effort was less than 2.9 thousand days and the catches less than 31 thousand tons (Figure 62, lower panel). During the 1972-1976 period the effort and catches were nearly constant, the former between 3.5 and 4.2 thousand days and the latter between 41 and 51 thousand tons. During 1977-1984, due apparently to reduced effort, the catches averaged only about 20 thousand tons, but the CPDFs were down only slightly from those for 1970-1976. During 1985 the effort was the lowest it had been since 1969, but the CPDF was very high. In 1986 the effort increased and, with the very high CPDF, the catch was the highest since 1976. In the lower panel of Figure 62 it is clear that, with the exception of 1986, the catch in the area outside the CYRA has remained proportional to the effort. Because the effort has been moderately low in recent years, and remained so during 1986, and because the factors affecting the recruitment in the CYRA probably also affect the area outside the CYRA, there does not appear to be any biological reason for placing limits on the catch or the intensity of fishing outside the CYRA.

The average size of the fish caught outside the CYRA declined from about

63 pounds (29 kg) in 1972-1975 to about 27 pounds (12 kg) in 1979-1983, then increased to about 65 pounds (29 kg) in 1984, and stayed about the same in 1985 (Figure 63). In 1986 the average size increased to about 76 pounds (34 kg), the highest in recent years. The general decline through 1983 could be due to increased fishing mortality, but it could also be due to changes in fishing techniques, *i.e.* more fishing on schools associated with flotsam and less on schools associated with dolphins. The increase during 1984-1986 was probably due to the decreased catches in 1982 and 1983, which permitted the fish to grow larger. The fishery in the area outside the CYRA should continue to be closely monitored to evaluate the various possibilities.

## SKIPJACK

Skipjack has been the dominant species in the world catches of tuna for many years. This domination continued to increase through 1984. Accordingly, the portion of the catch of the principal market species which was skipjack increased from 36 percent in 1970 to 47 percent in 1984. In the Pacific Ocean skipjack is even more important, with nearly 50 percent of the catch of the principal market species being skipjack. The world catches of skipjack by area are shown in Figure 64. It is apparent that the catches in the Pacific are much greater than those in the Atlantic and Indian Oceans and that the catches in the western and central Pacific are much greater than those in the eastern Pacific. The catches in the eastern Pacific, except for those of the 1975-1981 period, which were higher, have remained at about the same level during the 1965-1986 period, while those of the other areas have more than doubled.

Substantial fisheries for skipjack occur in the northeastern Pacific near Baja California, the Revillagigedo Islands, and Clipperton Island and in the southeastern Pacific near Central America, northern South America, Cocos Island-Brito Bank, and the Galapagos Islands. The area of very warm water off southern Mexico which separates the two areas is usually devoid of skipjack, but in some years, such as 1956, the distribution of skipjack has been continuous from north to south. Tagging in normal years has shown that there is little mixing of fish between the two areas. The fishery for skipjack in the eastern Pacific tends to take place closer to shore than that for yellowfin, but in recent years larger portions of the skipjack catches have been made further offshore. In the central Pacific there are lesser fisheries for skipjack near the Hawaiian Islands and French Polynesia (the Marquesas, Tuamotu, and Society Islands). Further to the west, near Fiji, Indonesia, Japan, New Zealand, Papua New Guinea, the Philippines, the Solomon Islands, and many other islands, there are more substantial fisheries for skipjack.

The catches of skipjack in the eastern Pacific vary considerably from year to year (Figure 64). The catches for the northeastern and southeastern areas are moderately well correlated with one another, but in some years, for example 1970, the catch has been above average in one area and below average in the other (Figure 65). During the late 1950's large catches of skipjack were made south of 5°S, and from the late 1950's to the early 1970's large catches of this species were

made close to shore off Ecuador and northern Peru. During the early 1970's, however, the center of abundance of the southeastern group seemed to shift to waters off Colombia and Central America, and then during the early 1980's it seemed to shift back to Colombia and Ecuador.

The size compositions of skipjack samples taken in the eastern Pacific during 1981 through 1986 are shown in Figure 15. Differences among years are apparent; the incidence of fish larger than 55 cm (7.8 pounds or 3.5 kg) was higher in 1984-1986 than in previous years.

### ***Population structure***

It is of fundamental importance to determine whether the skipjack occurring in the Pacific Ocean belong to one or more than one subpopulation and, if the latter is the case, where the different subpopulations occur and how their distributions vary with time and age. This problem has been studied by various methods, including analyses of tagging, catch statistics, life history, and biochemical genetic data. Research in these fields has been conducted by many organizations, including the IATTC, the South Pacific Commission (SPC), the U.S. National Marine Fisheries Service (NMFS), and various organizations in Japan. The research results pertinent to a solution to this problem were examined at a workshop of fisheries biologists and population geneticists sponsored by the SPC in 1980, and the conclusions reached at that meeting were discussed in detail in the annual report of the IATTC for 1984. That report also includes a discussion of the population structure of skipjack in the eastern Pacific and their relationship with those in the rest of the Pacific. In summary, there are two principal hypotheses for skipjack in the Pacific Ocean. The separate subpopulation hypothesis states that there are two or more genetically distinct subpopulations of skipjack in the Pacific Ocean, and the clinal hypothesis states that separate subpopulations of skipjack do not exist in the Pacific Ocean, but there is isolation by distance, *i.e.* the probability of any two fish interbreeding is an inverse function of their distance from one another. It was concluded at the workshop that the data presently available do not favor either the clinal or the subpopulation hypothesis. In the eastern Pacific, it appears that the skipjack of northern Mexico and northern South America-Central America are parts of a single group inhabiting an arc-shaped area with its tips at those two areas, and that the fish at the ends of the distribution mix at least to some extent on the spawning grounds of the central and/or western Pacific.

### ***Abundance and production models***

Studies have been underway, on a modest scale, for several years to determine the effects of environmental conditions on the abundance, availability, and vulnerability to capture of skipjack in the eastern Pacific Ocean. One such study, described in previous annual reports of the IATTC, involves analysis of the relationship between the apparent abundance of skipjack in their second year of life in the eastern Pacific Ocean and (1) the average sea-surface temperature in the area of the Pacific Ocean between 135°W and 180° with sea-surface



temperatures exceeding 82°F (27.8°C), and (2) the wind-mixing index (the cube of the average wind speed, which is roughly proportional to the degree of mixing caused by wind in the upper layers of the ocean) in this area.

The first analysis was performed because there is a high positive correlation between the concentration of skipjack larvae in zooplankton net tows and temperature, and it was reasoned that more spawning or better survival of the larvae might occur in warmer years. The second was performed because the survival of skipjack larvae may depend upon the degree of mixing of the upper layers of the ocean. Investigations conducted at the U.S. NMFS Southwest Fisheries Center in La Jolla indicate that in the California Current concentrations of food suitable for first-feeding larval anchovies tend to occur in aggregations and well-defined layers. Upwelling and mixing disrupt the layering and disperse the food organisms, so that many of the larvae are unable to obtain sufficient food for survival. It appears that strong year classes of anchovies are associated with weak winds during the larval stages, and vice versa. It was thought that this effect might also occur in the skipjack spawning areas of the central Pacific. There was no significant relationship between skipjack abundance and sea-surface temperature, but there was a highly significant correlation between skipjack and the wind-mixing index, with this index accounting for 55 percent of the variability in the apparent abundance of skipjack in the eastern Pacific in their second year of life.

In addition, investigations of the possible relationship between the apparent abundance of skipjack in their second year of life in the eastern Pacific and the strength of the eastward-flowing North Equatorial Countercurrent have been conducted. If skipjack use this current in their migration it would be expected that young fish would be carried to the eastern Pacific in greater than average numbers when the current is stronger and in less than average numbers when it is weaker. No significant correlation was found, however, between skipjack abundance and indices of current speed. On the whole, the results of the IATTC staff's attempts to relate the apparent abundance of skipjack with environmental conditions suggest that this relationship is complex and not obvious. Some of the problem might be resolved if biological and statistical studies could be made for the entire population unit(s) which contribute(s) to the eastern Pacific fishery instead of the portion of it (or them) which inhabit(s) the eastern Pacific Ocean during part of the life span. Usable catch, effort, and CPUE data are available for some parts of the Pacific population unit(s), but not for others. Also, there is the problem of separating the catches of fish of the population unit(s) which contribute to the eastern Pacific fishery from those which do not.

Production models, based on indices of abundance of the fish, have been described earlier in this report for yellowfin. It was pointed out that models of this type are not applicable unless the fish in question belong to a discrete population, *i.e.* there is relatively little interchange between the fish in the area under consideration, in this case the eastern Pacific, and those in other areas where the species in question is exploited, or the exchange rates among subpopulations

are known. That requirement is not met, as tagging has demonstrated interchange of fish of the eastern, central, and western Pacific Ocean (Figure 66). The skipjack fishery of the eastern Pacific takes place mostly relatively near the coast, and most of the skipjack caught in this area apparently are the result of spawning in the central and/or western Pacific, which may also supply skipjack to the offshore portions of the eastern Pacific, the central Pacific, and the western Pacific. Thus the amounts caught in the eastern Pacific may be determined by either the portions of juveniles hatched in the central and/or western Pacific which migrate to the eastern Pacific or the abundance of juveniles in that or those areas. In the absence of definition of the population being exploited, production modelling is of very limited value for skipjack in the eastern Pacific fishery.

Acknowledging the above limitations, attempts have been made to compare the effort and CPUE of skipjack in the eastern Pacific Ocean. The fishing effort increased during the 1970's, due to increases in the size of the fleet. This apparently did not deplete the resource, however, as some of the greatest total catches were made during the late 1970's. The catches of skipjack have been lower during 1982-1986, but this was due mostly or entirely to reduced effort during this period. During 1982-1984 the effort was lower because many vessels had left the eastern Pacific to fish in the western Pacific, and during 1985-1986 it was lower because, due to lower prices for skipjack, the fishermen directed more effort toward yellowfin and less toward skipjack. Skipjack may have been somewhat less abundant in 1985, however, particularly north of 10°N. The 1961-1986 purse-seine CPUE and effort, in Class-6 units (vessels of more than 400 tons capacity), are shown in Figure 67. There is no obvious relationship. It is possible, however, that there might be a relationship which is masked by the nature of the fishery. For example, in different years the availability of skipjack might differ, but the amount of effort directed toward that species might be proportional to the availability, resulting in roughly equal CPUEs in each year. This could be the case, for instance, if skipjack were present in more areas in years of high availability than in years of low availability, but the densities of fish within the areas were roughly the same in all years. At this time the data furnish little or no evidence that this phenomenon could be masking the relationship between the abundance of skipjack and the fishing effort, but the question will continue to be examined as a part of the IATTC staff's broad studies of fishing effort and CPUE as an index of abundance.

#### ***Age-structured models***

The yield-per-recruit approach to age-structured modelling has been discussed earlier in this report for yellowfin. The skipjack and yellowfin populations in the eastern Pacific are somewhat different, however. The natural attrition of yellowfin consists only of natural mortality, whereas that for skipjack consists of both natural mortality and emigration to the central and western Pacific. The combined annual rate of natural mortality and emigration for skipjack is estimated from length-frequency and tagging data to be roughly 90 percent per year, as compared to approximately 55 percent for the natural mortality of yellowfin.

Length-frequency and tag return data have been used to estimate the rate

of growth of skipjack. Relative to yellowfin, it is much more difficult to follow the progressions of modal groups because the modal lengths vary so erratically from month to month. Recruitment from the central Pacific and emigration in the opposite direction is obviously largely responsible for this, but it also appears that the vulnerability of groups of fish of different sizes varies considerably from month to month within the eastern Pacific Ocean. Tagging data are also useful in this respect, but most of the returns are from fish which have been at liberty only short periods of time, and thus are of limited value. The few long-term returns which have been received have nearly all been from fish recaptured in the central Pacific Ocean, and one reason why there are so few of them is that the fishing intensity is low in that area.

The estimated relationships among size at entry, fishing effort, and yield per recruit are shown in Figure 68. The IATTC staff's estimates of skipjack growth, natural attrition (natural mortality plus emigration), and fishing mortality have been integrated to obtain the calculations which form the basis for this figure. The sources of the growth-in-weight data were as follows:

Computation	Equation	Source
growth in length	17 cm per year	manuscript in preparation
length-weight relationship	$\log_{10} W = 3.02 \log_{10} l - 7.41$	IATTC Bulletin, Vol. 3, No. 7

An instantaneous annual rate of natural attrition of 1.5 (about 78 percent) was used. The top panel of the figure is based upon age-specific fishing mortality rates estimated from length-frequency data obtained during 1967-1979, the middle panel is based upon rates estimated from data obtained during 1971-1973, and the lower panel is based upon rates estimated from data obtained during 1975-1977. The values in the horizontal scale are multiples of the fishing effort during the years in question, *i.e.* 0.5, 1.0, and 2.0 in the top panel represent effort values half of, equal to, and twice the actual effort values for 1967-1969. Various combinations of fishing effort and size at entry give various yields per recruit, which are indicated by curved lines. For example, if the size at entry is fixed at 40 cm (about 2.7 pounds or 1.2 kg) the yield per recruit with a multiplier of 1 is between 1.00 and 1.10 pounds (0.45 to 0.50 kg) in the first panel and between 0.75 and 1.00 pounds (0.35 to 0.45 kg) in the second and third panels. In general, the yields per recruit are highest with a size at entry of 35 cm (about 1.7 pounds or 0.8 kg) and fishing effort considerably greater than has been the case so far in the eastern Pacific Ocean. This is because the losses to the total weight of a cohort of fish by natural mortality and emigration exceed the gains to it by growth, even when the fish are only 35 cm long and presumably growing rapidly.

### **Considerations for 1987**

Neither the production models nor the age-structured models indicate any need so far for the management of skipjack. The latter models indicate that the maximum yield per recruit from adolescent skipjack in the eastern Pacific Ocean can be obtained by fishing the individuals over 35 cm in length as hard as possible.

Conceivably this could reduce the recruitment in subsequent years, but this seems unlikely from what is known of the spawning behavior and population structure, and furthermore there is no evidence from the effort and CPUE data that fishing has reduced the abundance of the fish.

It is reasonably certain that skipjack are underfished in the eastern Pacific Ocean and that this situation will continue in the foreseeable future. Nevertheless it is important, for at least two reasons, to learn more about this species and its relationships with the environment. First, such knowledge may make it possible to predict the abundance of skipjack in the eastern Pacific several months ahead of time, which would be of great value to fishermen who must decide in advance whether to fish in the eastern Atlantic, eastern Pacific, or western Pacific Ocean. Second, knowledge of the environmental conditions favorable to the existence of skipjack, coupled with understanding of the dynamic processes of the ocean, could make it possible to predict where and when within the eastern Pacific skipjack are likely to be caught, which should increase the efficiency of the vessels fishing in that area. A wide variety of information on skipjack and its relationships with the environment has recently been analyzed, and the first draft of a major report on this subject was completed during 1986. This is currently being reviewed by several scientists of other organizations.

### **BIGEYE**

Bigeye are caught mostly by longlines. During the early 1950's there was little longline fishing in the eastern Pacific, and hence the catches of bigeye in that area were low. During the mid-1950's, however, Japanese longline vessels began to fish in the eastern Pacific, and the catches of bigeye increased (Table 30). Accordingly, this species has been given more attention by the IATTC staff. During the 1965-1974 period seven papers dealing with the Japanese longline fishery for bigeye and related species in the eastern Pacific were published, and another was in press during 1986.

The average quarterly distributions of catch per unit of effort of bigeye by longline vessels in the eastern Pacific for the 1971-1980 period are shown in Figure 69. The hook rates (numbers of fish caught per 100 hooks) of bigeye were high in most of the eastern Pacific except the area north of 5°N and east of 125°W. The areas of highest hook rates were between Ecuador and the Galapagos Islands throughout the year, northeast of Hawaii in the area between 18° and 33°N and 120° and 145°W during the first and fourth quarters, and off southern Peru and northern Chile in the area between 18° and 25°S and 80° and 90°W during the third and fourth quarters.

Length-frequency data for bigeye caught by longlines in the area delineated in Figure 70 during 1971-1980 are shown in Figure 71. Most of the fish in the catch ranged from about 100 to 170 cm in length. The length composition was relatively stable during the 1971-1974 period, but considerable change is apparent for 1975-1980. The proportions of smaller fish (less than 120 cm) were significantly higher in 1977 and 1979, and stronger separation of the modal groups is apparent

for 1975, 1976, 1979, and 1980. These changes in the length composition will be given further attention in the near future, as they coincide in time with the recent increases in fishing effort by the Japanese longline fleet.

The estimated catches of bigeye by surface gear in the eastern Pacific increased during the late 1960's and the 1970's, and then declined after 1981 (Table 30). The increases were apparently due to two factors. First, the actual catches probably increased because there have been no regulations for this species, which in some instances caused fishermen to seek out bigeye in preference to yellowfin, as the latter were subject to regulation in a considerable portion of the eastern Pacific during the latter part of each year of the 1966-1979 period. Concurrently with this, the fishermen's skill in catching bigeye probably increased. Second, the recent statistics are more accurate. Bigeye and yellowfin bring the same price to the fishermen, so bigeye have often been reported as yellowfin. Since the advent of regulations, however, the two species have more often been reported separately, and in locations where they are not there has been better coverage by IATTC employees, who estimate the proportions of the two species in mixed landings. The decline after 1981 is probably due mainly to a decline in fishing effort during that period.

Length-frequency data for bigeye caught by purse seiners in the eastern Pacific during 1980-1986 and measured by IATTC staff members are shown in Figure 16. About half the catch by weight is made up of fish less than 100 cm in length.

In general, there are two approaches to the analysis of the effects of fishing on a population of fish, production modelling and age-structured modelling. These models are described in detail in the section of this report dealing with yellowfin.

### ***Production models***

Production models are applicable only to fish of a discrete population, so such models can be used with bigeye of the eastern Pacific only if there is relatively little interchange of these fish with those of the areas to the west. Due to lack of data from tagging or other studies which would yield information on stock structure, however, it is not possible to estimate the extent, if any, of mixing of bigeye of different areas.

Data on the effort, catch, and catch per unit of effort (number of fish caught per million hooks) for 1954-1984 for the portion of the eastern Pacific Ocean delineated in Figure 70 are shown in Figure 72. This area was selected because it includes the major bigeye fishing grounds, and it is believed that inclusion of data for areas with large amounts of effort and low catches of bigeye would tend to mask whatever relationship may exist between effort and bigeye catch. During 1954-1960 the effort and catches were low and the catch per unit of effort (CPUE) was high. During 1961 through 1964 the effort and catches were much greater than during 1954-1960. The CPUE was slightly less than 3 fish per 100 hooks in 1961, and declined to less than 1.5 fish per 100 hooks in 1964. During 1964 through 1984 the effort ranged between about 38 and 114 million hooks and the catch between about 0.37 and 1.07 million fish, but the CPUEs remained nearly

constant, at about 1 fish per 100 hooks. It is normal for the CPUE to decline with increasing effort, and modest decreases do not necessarily indicate overfishing (from the standpoint of reducing the average maximum sustainable yield (AMSY), as discussed in the section for yellowfin). Decline of the CPUE to less than half what it was when the effort was low, however, could be indicative of reduction of the population to a level less than that necessary to produce the AMSY. It may be significant, however, that the catches more than doubled during the 1965-1980 period, while the CPUEs remained about the same. This could be due to the fact that bigeye, because of its high price, was especially sought by longline fishermen. For example, the adoption of deep longline gear during the late 1970's may have kept the CPUE of bigeye at the same level while its abundance decreased. Uncertainty regarding the interpretation of the data also results from the uncertainty concerning the amount of interchange of fish between the area in question and contiguous areas.

### ***Age-structured models***

The yield-per-recruit model, a type of age-structured model, gives information on the yield per recruit to be expected with different combinations of size at entry and fishing effort. The input consists of length-at-age or weight-at-age data and natural mortality data. Both of these, especially natural mortality, are difficult to estimate. Nevertheless, the yields per recruit of bigeye at various combinations of length at entry and fishing effort ( $F$ ) were calculated. The length-at-age data were obtained from an equation for the growth of bigeye which appears in IATTC Bulletin, Volume 11, Number 2. Because it is impossible, with the data presently available, to estimate the coefficient of natural mortality ( $M$ ) of bigeye with any degree of confidence, trial values of 0.4, 0.6, 0.8, and 1.0 on an annual basis were used. The results with lengths at entry of 40 cm (4 pounds or 2 kg), 60 cm (12 pounds or 5 kg), 90 cm (38 pounds or 17 kg), 120 cm (87 pounds or 40 kg), and 150 cm (167 pounds or 76 kg) and annual coefficients of fishing mortality ( $F$ ) of 0.1 to 1.6, are shown in Figure 73. In every case the yields per recruit were lowest with a length at entry of 150 cm, so the discussion will be confined to the other four values, 40, 60, 90, and 120 cm. It appears from Figures 71 and 16 that most of the longline- and purse seine-caught bigeye are recruited at about 90 to 120 cm and 60 to 90 cm, respectively. In 1980 and 1982-1984, however, substantial amounts of bigeye between 40 and 60 cm were caught in the purse-seine fishery. At an  $M$  value of 0.4 the yields per recruit are roughly the same for all lengths at entry at  $F$  values up to 0.4. At  $F$  values of 0.6 and higher the yields per recruit are less for a length at entry of 40 cm, and at  $F$  values of 0.8 and higher they are less for a length at entry of 60 cm. At an  $M$  value of 0.6 the yields per recruit are roughly the same at all values of  $F$  for lengths at entry of 60, 90, and 120 cm. They are also about the same for a length at entry of 40 cm for  $F$  values up to 0.6, but at higher  $F$  values the yields per recruit are less. At an  $M$  value of 0.8 the yields per recruit are approximately the same at all  $F$  values regardless of the length at entry. At an  $M$  value of 1.0 the yields per recruit are roughly the same at all  $F$  values for lengths at entry of 40, 60, and 90 cm, but less for a length at entry of 120 cm. In general, at high values of  $M$  the highest yields

per recruit are realized with low to intermediate lengths at entry (40, 60, and 90 cm) and at low values of  $M$  the highest yields per recruit are realized with intermediate lengths at entry (90 and 120 cm). Although it is presently not known what value of  $M$  is most applicable to the bigeye population exploited by the surface and longline fisheries of the eastern Pacific, it is most likely between 0.6 and 0.8. At these levels the above analyses suggest that the yield per recruit would be maximized at a length at entry between about 90 and 120 cm. This implies that the average length at entry for the surface fishery is less than that which would maximize the yield per recruit and that that for the longline fishery is greater than that length. It is stressed, however, that these estimates are based upon inadequate data, so their reliability is low. Furthermore, even if the estimates were known to be reliable, there would be little opportunity to influence the length at entry into either fishery.

### NORTHERN BLUEFIN

The annual catches of northern bluefin in the Pacific Ocean for the 1951-1986 period are shown in Figure 74. Surface gear accounts for the majority of the catches in both the eastern and western Pacific. The western Pacific catches increased during 1978-1983, after poor catches during the previous six years, and then decreased in 1984. In the eastern Pacific the catches were poor during 1980-1984, but showed improvement in 1985 and 1986.

The staff of the IATTC has been studying northern bluefin on a modest scale since 1973. Prior to 1979 staff members collected logbook data and measured samples of fish caught by purse seiners in the eastern Pacific to determine their length compositions. Since 1979, however, the work has increased. In 1979 a review of information pertinent to stock assessment of this species was prepared (Internal Report 12 of the IATTC). Parts of that review are summarized in the annual report of the IATTC for 1979. Also, data on the surface catches of bluefin in the eastern Pacific by area, date, vessel size class, size of school, type of school, etc., were assembled, analyzed, and published in 1982 in the IATTC's Bulletin series (Vol. 18, No. 2).

Although bluefin have not been tagged in the eastern Pacific since 1980, analyses of these data have continued as time has permitted. The major releases of tagged fish in the eastern Pacific are summarized in Table 31. Ten returns from the western Pacific have been obtained, all from fish which were at liberty more than 22 months.

Tagging of bluefin in Japan was carried out by IATTC employees who were stationed there intermittently during 1980-1982. The returns to date are shown in Table 32. Prior to these experiments there had been only two records of tagged bluefin released in the western Pacific and recaptured in the eastern Pacific.

The fish of the 1979 year class released during January-April 1980 appeared in the eastern Pacific during the summer of 1981, approximately  $1\frac{1}{2}$  years later, when they were in their third year of life. The 1981-year class fish released during

July-September 1981 appeared in the eastern Pacific during the summer of 1982, approximately 1 year later, when they were in their second year of life. From this information it appears that at least some of the fish which leave the western Pacific in the fall of their first year of life arrive in the eastern Pacific the following summer, but few or none of those which linger in the western Pacific until the spring arrive in the eastern Pacific until the summer of the following year.

The staff of the IATTC is concerned about the poor catches of bluefin in the eastern or western Pacific in some years, and particular attention has been given to the poor catches in the eastern Pacific during 1980-1984. Spawning in the Pacific Ocean is known to occur only in the vicinity of Japan. Some fish apparently remain their entire lives in the western Pacific. Others migrate to the eastern Pacific, probably mostly or entirely during their first or second years of life. Those which migrate during their first year are exposed to the summer and fall troll fisheries for small bluefin and other species off Japan before beginning their journey to the eastern Pacific in the fall or early winter. Those which migrate during their second year are also exposed to the winter troll fishery and other fisheries which take place in the vicinity of Japan before beginning their journey to the eastern Pacific, probably in the summer or fall. The migrants, after crossing the ocean, are fished by purse seiners off California and Baja California. After a sojourn in the eastern Pacific the survivors return to the western Pacific, where they eventually spawn. The length of the sojourn in the eastern Pacific is not known, but it is reasonably certain that some fish stay at least 2 years, as fish tagged in the eastern Pacific have been recaptured there after as long as 2 years at liberty. Fish of at least 6 or 7 age groups are caught in the eastern Pacific, so it is possible that some fish may stay in that region for at least 5 or 6 years. There are no data available which are useful for determining whether any fish make more than one round trip between the western and eastern Pacific Ocean. Because of the high mortality rate and high energy costs of making such a trip, however, it seems unlikely that more than a small portion of the fish would do this.

It has not been determined whether there is a single homogeneous population or more than one subpopulation of northern bluefin in the Pacific Ocean, so both of these possibilities will be considered in the following paragraphs. If there is a single homogeneous population oceanographic conditions probably determine what portions of the juvenile fish in the western Pacific attempt to cross the ocean, whereas if there are resident and migrant subpopulations the migrant fish are presumably genetically induced to migrate to the eastern Pacific and back.

The single homogeneous population hypothesis will be considered first. The decline in the catches in the eastern Pacific could be due to (1) a decrease in the overall abundance of fish greater than about 55 cm in length caused by heavy exploitation of fish in their first year of life off Japan, (2) a decrease in the availability in the eastern Pacific (*i.e.* a decrease in the portion of the population which has migrated to the eastern Pacific or a shorter average sojourn in the eastern Pacific of the fish which have made that migration), (3) reduced fishing effort in the eastern Pacific, and/or (4) a decrease in vulnerability to capture of the fish which have migrated to the eastern Pacific.



It is not possible to evaluate the first possibility without more detailed data on the catches of fish of different sizes in the western Pacific. If there has been an overall decline in the abundance of fish greater than 55 cm in length the catches in the western Pacific would have declined unless much greater numbers of small bluefin were caught or there was an increase in the relative fishing mortality of large fish as a result of increases in effort, increases in efficiency of the gears which take bluefin greater than 55 cm, or greater vulnerability of these fish to the gear due to oceanographic conditions. Even relatively crude data on the catches of fish of various sizes would be useful for resolving this question.

There seems to be an inverse correlation between the catches of bluefin in the eastern and western Pacific (Figure 75). This might indicate that oceanographic conditions had caused lesser portions of the small fish in the western Pacific to emigrate during the late 1970s and early 1980s. If data on the catches of age-0 fish in the western Pacific in each year were available it would be possible to compare these with data on catches in the eastern Pacific one or two years later, but unfortunately this is not possible. Length-frequency data for the eastern Pacific provide information on the length of the average sojourn in that area. The portions of smaller and larger fish in the catch were about the same during the 1980-1984 period as during previous years, which indicates that the average sojourn in the eastern Pacific had not decreased.

The numbers of smaller purse seiners, which previous to the late 1970's had been responsible for most of the bluefin catches in the eastern Pacific, have been declining during the past several years, so the catch and effort data should be examined in such a way that it can be determined to what extent the decline in the catches is due to declines in effort by vessels of various sizes. Accordingly, for the area north of 23°N and the May-October periods for 1975 through 1984, tabulations were made of the numbers of purse-seine sets, numbers of purse-seine sets which resulted in catches of bluefin, and tons of bluefin caught by vessel size classes. Virtually all of the bluefin catches are made north of 23°N and the great majority are made during the May-October period. The 1975-1984 period includes both normal and below-normal catches. Some results obtained from manipulation of these data are shown in Figure 76. The numbers of sets have declined by about 50 percent for Class-3, -4, and -5 vessels, while the average catches per successful bluefin set have remained about the same. The greatest declines are those for catch and portions of sets which caught bluefin. From these data it appears that most of the decrease in catches of bluefin is due to lesser availability or vulnerability to capture of this species, with declining effort playing a lesser role.

There is no obvious reason to suggest that the vulnerability to capture of the fish in the eastern Pacific has been declining, so this possibility has been discounted until evidence to the contrary is produced.

The hypothesis that there is more than one subpopulation will now be considered. If there is a migrant subpopulation the decline in the eastern Pacific catches during 1980-1984 could be due to (1) a decline in abundance of the migrant subpopulation, (2) decreased fishing effort in the eastern Pacific, and/or (3) lesser

vulnerability of the fish of the migrant subpopulation to capture in recent years. The second and third possibilities may be responsible for part of the decline, but probably not all of it, for the reasons given in the discussion of the first hypothesis. Therefore, if the second hypothesis is correct some sort of action to protect the fish of the migrant subpopulation would seem to be appropriate.

The above information suggests at least three high-priority research items. The first is determination of whether there is a single homogeneous population or separate resident and migrant subpopulations. This might be accomplished by biochemical genetic studies, but such a study could be time-consuming and expensive to carry out. The second is assembly of catch and length-frequency data for the Japanese fisheries and comparison of these data with those for the purse-seine fishery in the eastern Pacific. This might be relatively easy to do. The third is performance of a yield-per-recruit analysis. This has been done, using only the data in Table 33. The sources of the growth-in-weight data were as follows:

Computation	Equation	Source
growth in length	$l_t = 219(1 - e^{-0.211t})$	IATTC Ann. Rep., 1984: 258
length-weight relationship, through May of the third year of life	$\log_e w = 3.40 \log_e l - 20.1$	IATTC Ann. Rep., 1980: 39
length-weight relationship, after May of the third year of life	$\log_e w = 2.78 \log_e l - 7.67$	California Department of Fish and Game, unpublished data

The coefficient of natural mortality was set at 0.6 on an annual basis, and the coefficients of fishing mortality for the various fisheries were assigned on the basis of what is known of the catches from catch statistics and tag returns. Yield per recruit isopleths derived from these data are shown in Figure 77. The results of these analyses indicate that the yield per recruit would increase if the age at entry into the fishery were increased to about 10-11 months (about 35-39 cm). It is hoped that data can be obtained to pursue these investigations further.

## BLACK SKIPJACK

Black skipjack constitute only a very minor part of the total landings of tunas caught in the eastern Pacific. They are, however, of commercial importance in a number of Latin American countries. Furthermore, they represent a resource of significant magnitude, which will probably be more heavily exploited as the demand for tuna increases. Accordingly, it is prudent to learn as much as possible about this species.

The present knowledge of black skipjack comes mainly from vessel logbook data, data on the weights of fish unloaded at canneries, stomachs, gonads, and measurements of fish taken at canneries, gonads collected for histological studies on tagging cruises, egg and larval surveys directed primarily at other species, recapture data for black skipjack tagged incidentally to yellowfin and skipjack, and physiological data gathered on one tagging cruise.

Data on the landings of black skipjack by tuna boats during 1972-1986 are listed in Table 1. These data include only the fish which are landed. Additional amounts are known to be caught but not landed, and these are not included in the statistics. Also black skipjack are caught by small boats based in Latin America for which data are not obtained. Therefore the actual catches are greater than those recorded in the table. The areas of the 1980-1983 catches by vessels from which logbook data were obtained are shown in Figure 78.

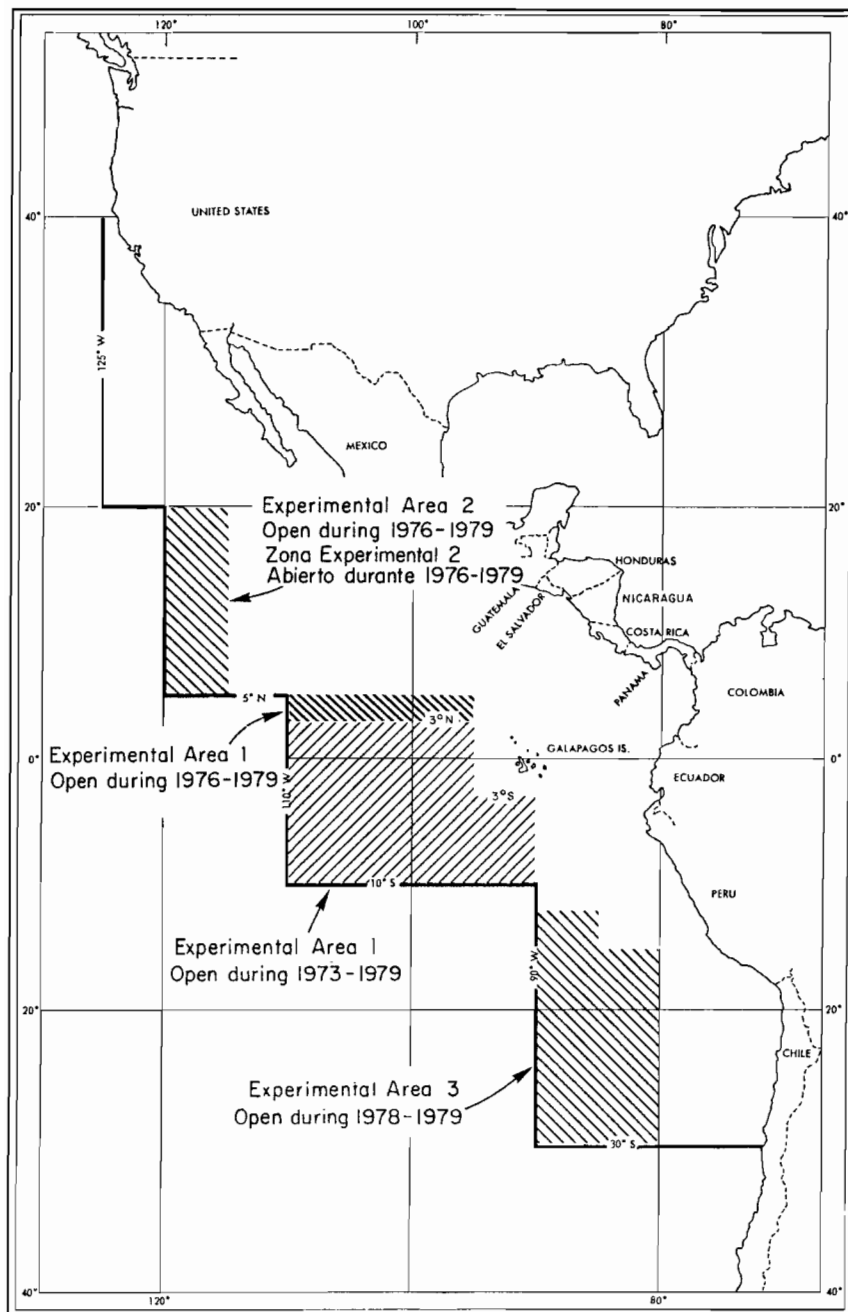
An analysis of the length-weight relationships of black skipjack is given in IATTC Internal Report 17, and data on the length-frequency distributions, average weights, migrations, and growth rates by areas are given in the IATTC Annual Report for 1982. Some observations on the swimming performance, body temperatures, and gastric evacuation times of black skipjack were made on a tagging cruise conducted in 1981, and an analysis of the results was published in an outside journal in 1984.

Studies to determine the areas and duration of spawning, size at sexual maturity, sex ratios, fecundity, and spawning frequency have recently been completed, and the results will be published as an IATTC Bulletin during 1987. The measurement of reproductive potential is of primary importance in respect to the dynamics of fish populations, since it is a basic determinant of productivity. Furthermore, since the amount of fish of catchable size available to the fishery is largely dependent on the success of spawning and survival during the earliest stages of life, studies of this nature can yield information of potential value for predictive purposes.

Large numbers of larval and juvenile black skipjack, along with those of other species of scombrids (tunas and mackerels) have been collected, particularly off Central America and near the entrance to the Gulf of California. In addition, 1,502 black skipjack have been tagged, and 107 of these have been reported as having been recaptured (IATTC Annual Report for 1982). The larvae and juvenile data, tagging data, and logbook data provide indices of abundance of black skipjack relative to the other species of scombrids. It appears, on the basis of this information, that the potential annual production of this species is far greater than the present levels of landings.

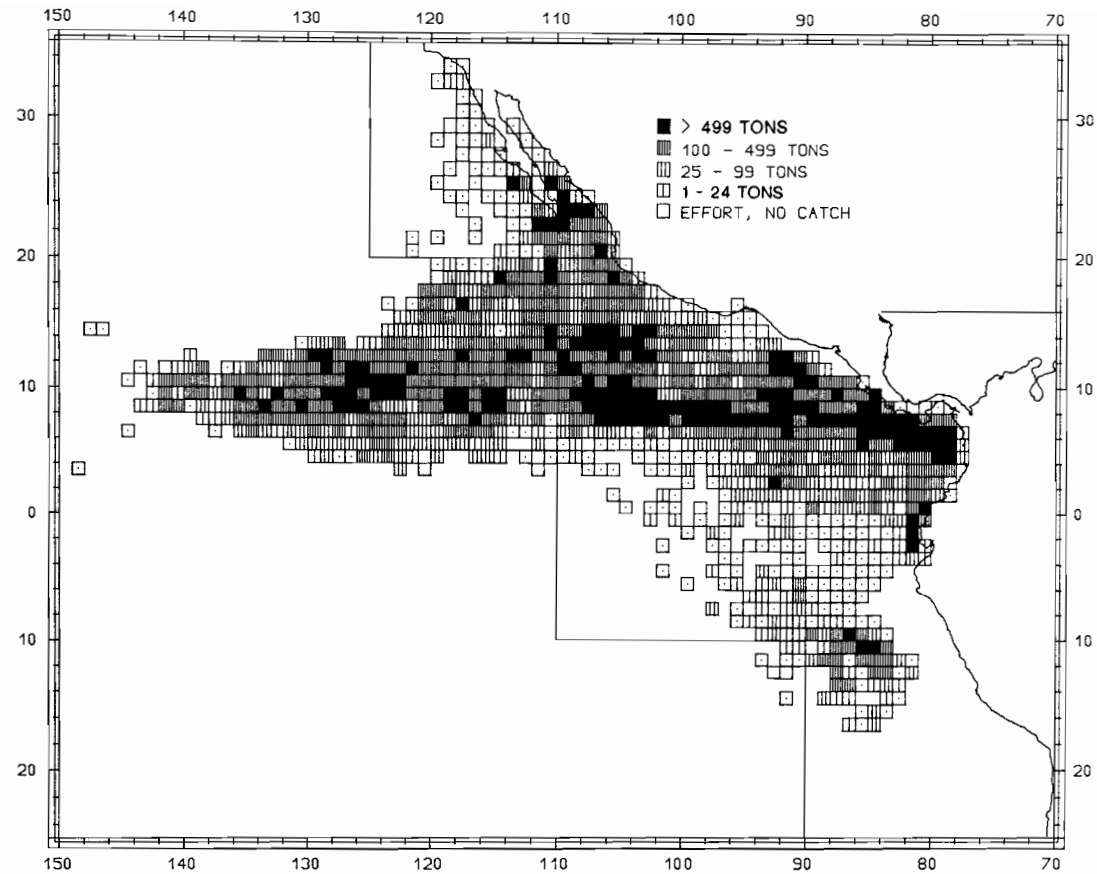
Larval and juvenile black skipjack have been captured at night with dipnets in waters off the IATTC laboratory at Achotines, Panama, and one specimen survived in a tank at the laboratory for 136 days before jumping out onto the ground. The principal purpose of the Achotines project is to study the early life history of tunas, and the current studies with black skipjack will provide valuable information about this species and about tunas in general.





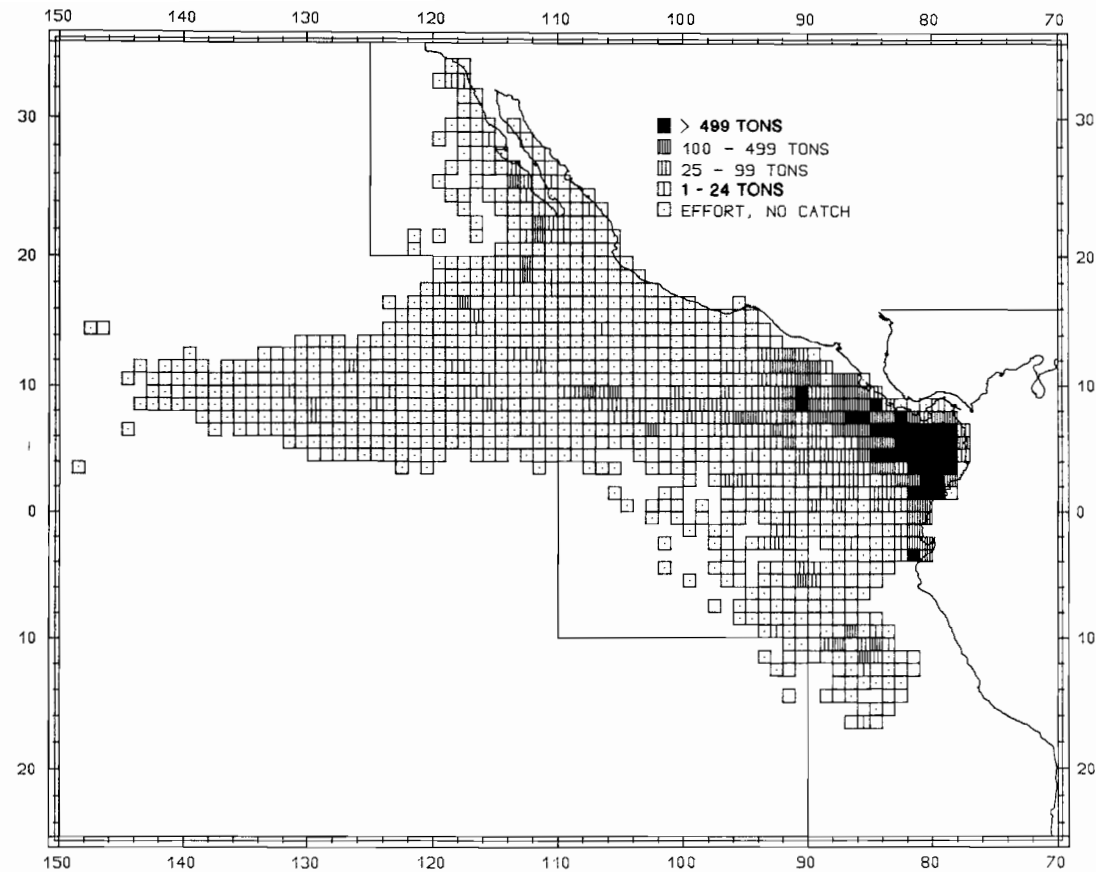
**FIGURE 1.** The Commission's Yellowfin Regulatory Area (CYRA).

**FIGURA 1.** Área de regulación de la Comisión para el aleta amarilla (ARCAA).



**FIGURE 2.** Catches of yellowfin in the eastern Pacific Ocean in 1986 for all purse-seine trips for which usable logbook data were obtained.

**FIGURA 2.** Capturas de atún aleta amarilla obtenidas por cerqueros en el Océano Pacífico oriental en 1986, correspondientes a todos los viajes para los que se obtuvieron datos de bitácora utilizables.



**FIGURE 3.** Catches of skipjack in the eastern Pacific Ocean in 1986 for all purse-seine trips for which usable logbook data were obtained.

**FIGURA 3.** Capturas de barrilete obtenidas por cerqueros en el Océano Pacífico oriental en 1986, correspondientes a todos los viajes para los que se obtuvieron datos de bitácora utilizables.

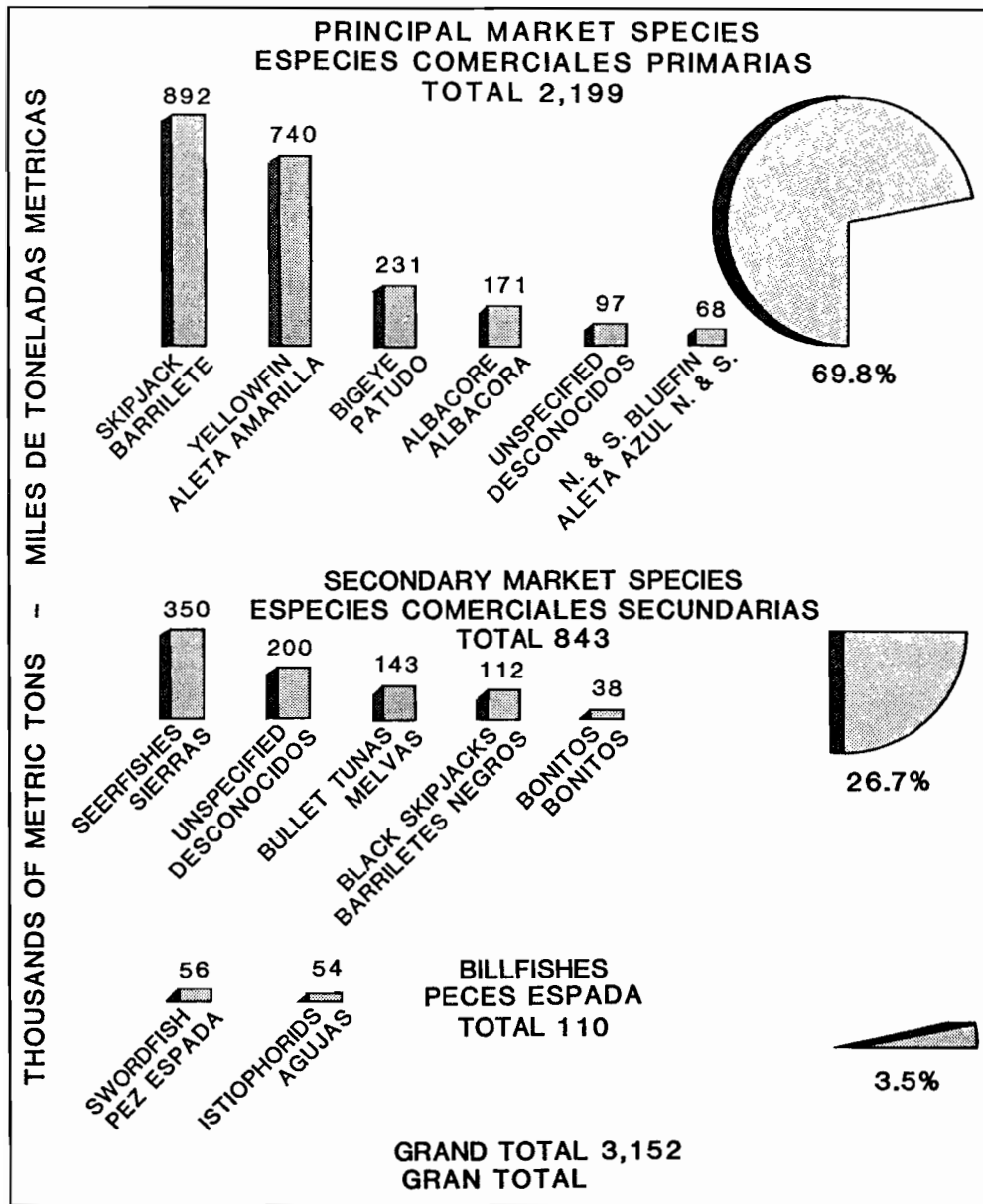


FIGURE 4. World catches of tunas and tuna-like species in 1985.

FIGURA 4. Capturas globales de atunes y especies afines durante 1985.



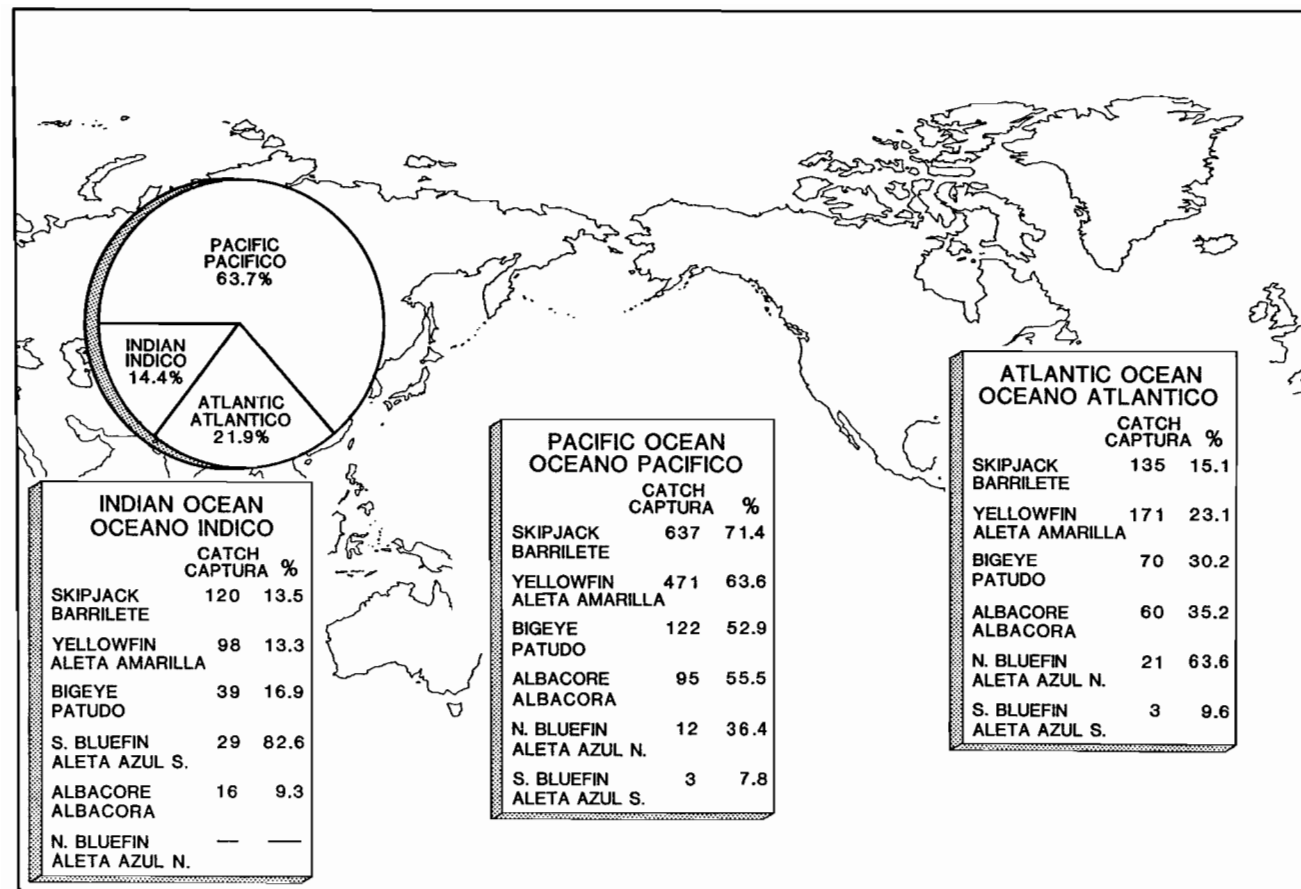


FIGURE 5. Catches of the principal market species of tunas in thousands of metric tons in 1985.

FIGURA 5. Capturas de las principales especies comerciales de atunes, en miles de toneladas métricas, obtenidas en 1985.

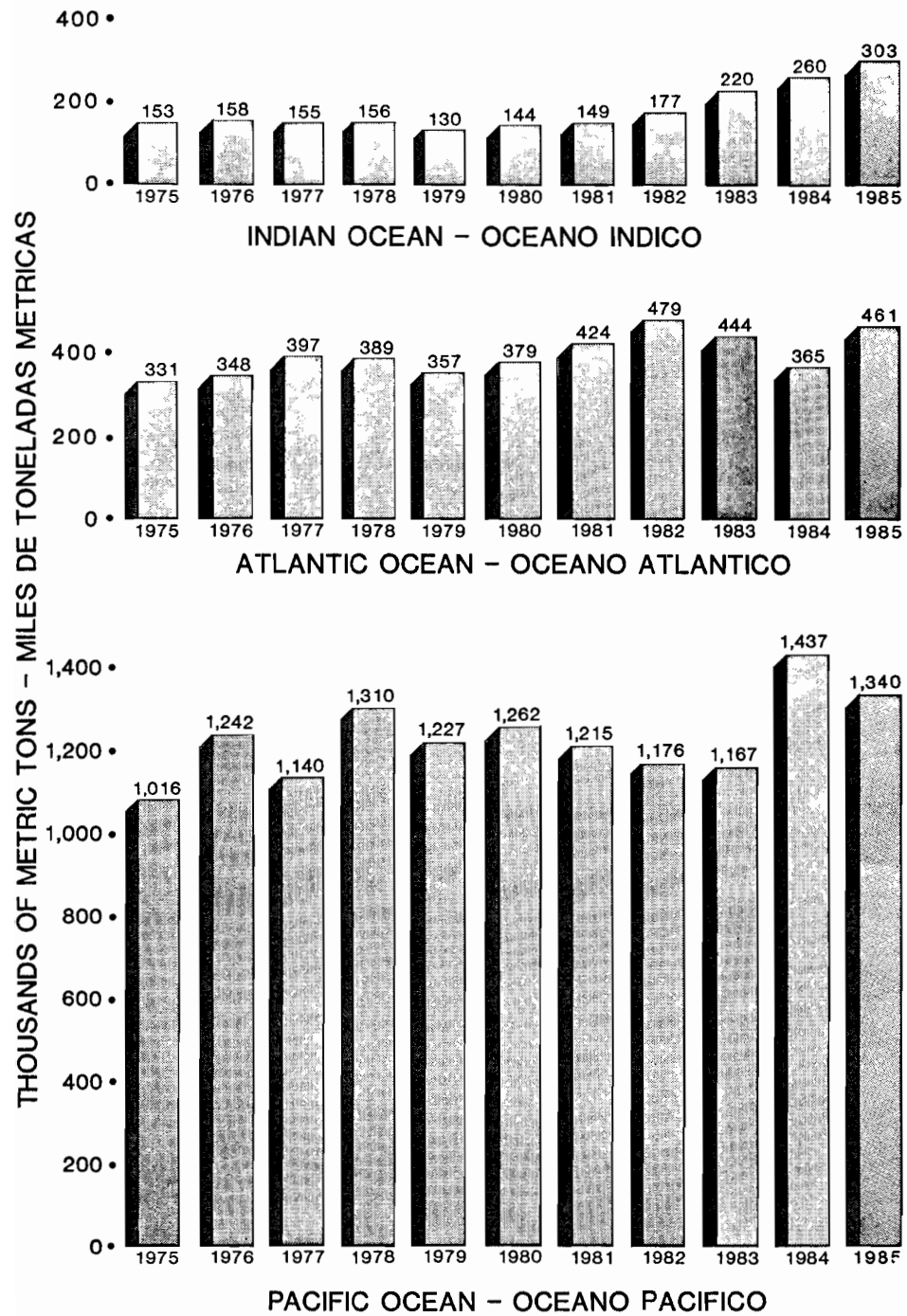
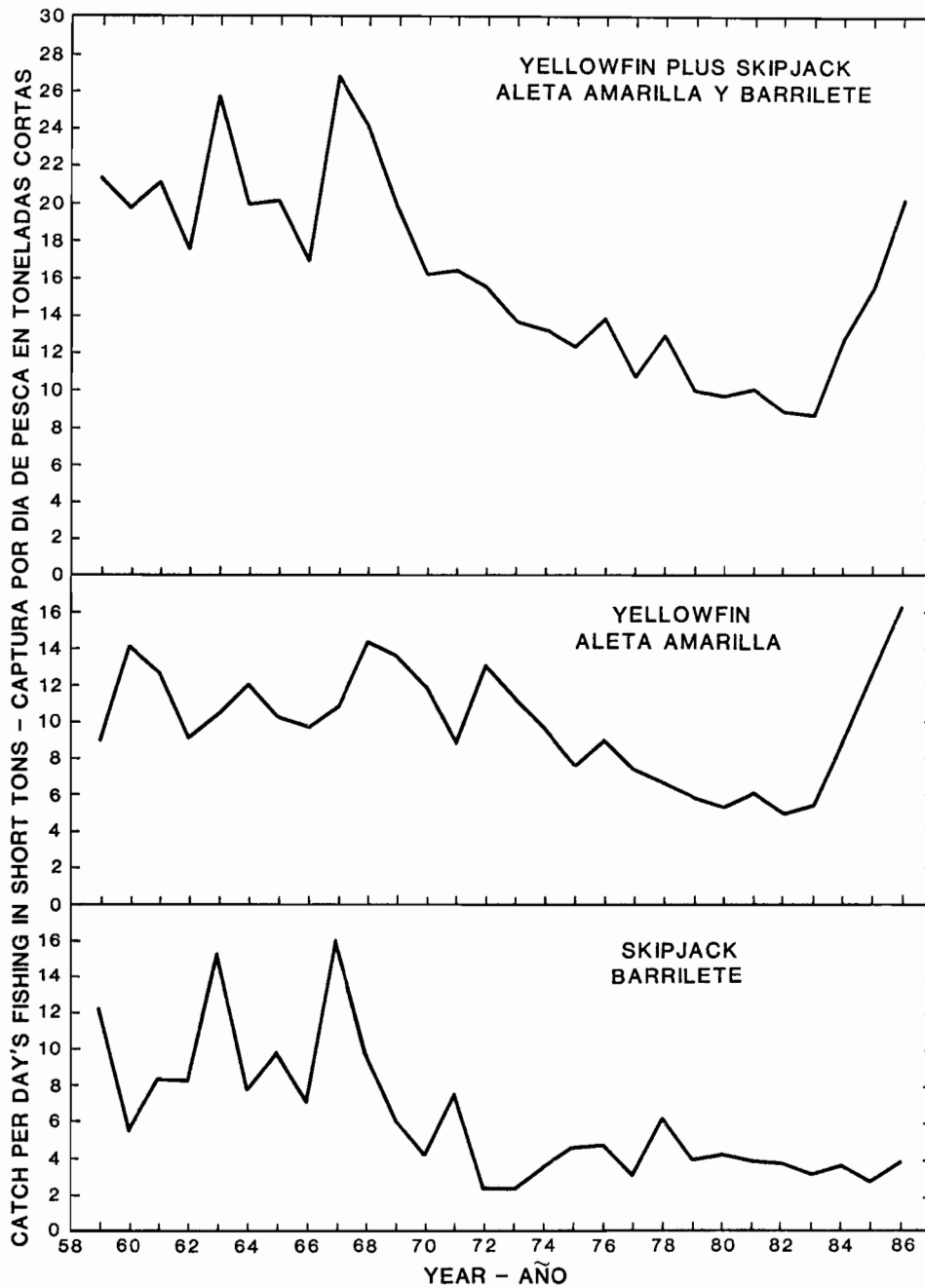


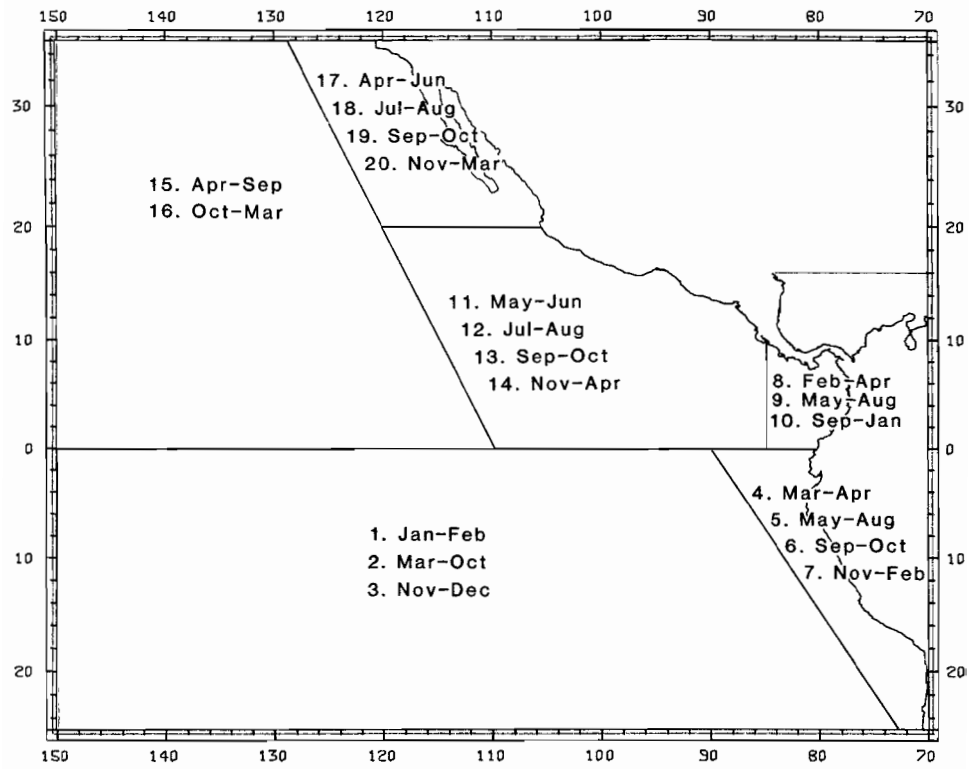
FIGURE 6. Catches of the principal market species of tunas.

FIGURA 6. Capturas de las principales especies comerciales de atunes.



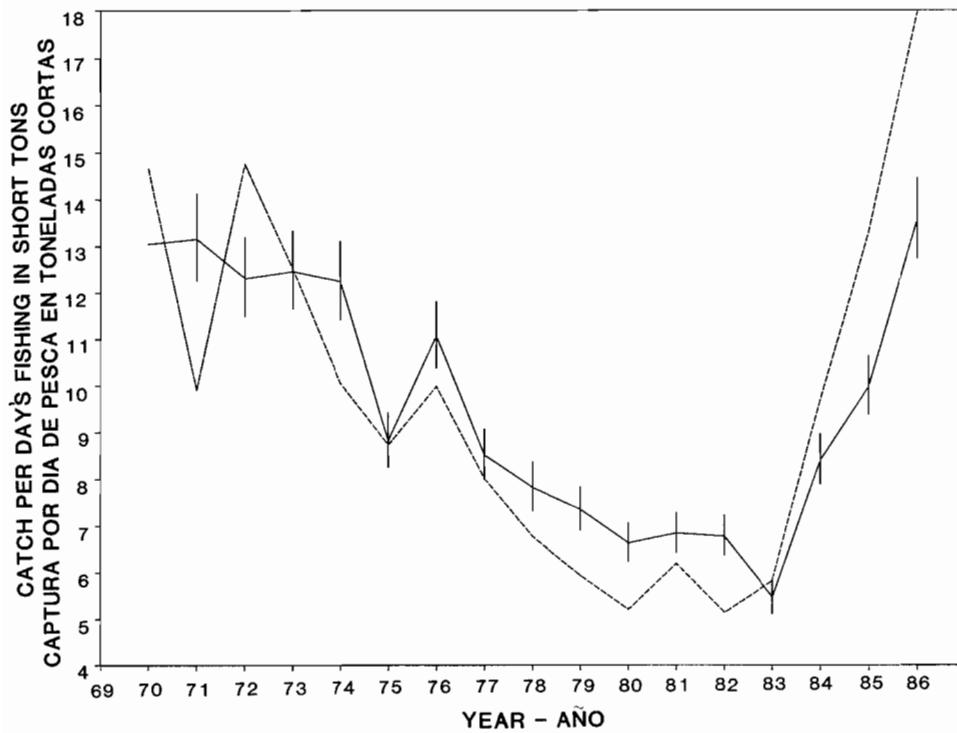
**FIGURE 7.** Catch per day's fishing for yellowfin and skipjack in the eastern Pacific in Class-6 purse-seine units. The 1986 data are preliminary.

**FIGURA 7.** Captura de aleta amarilla y barrilete, por día de pesca, obtenida en el Pacífico oriental por unidades cerqueras de la clase 6 de arqueo. Los datos de 1986 son preliminares.



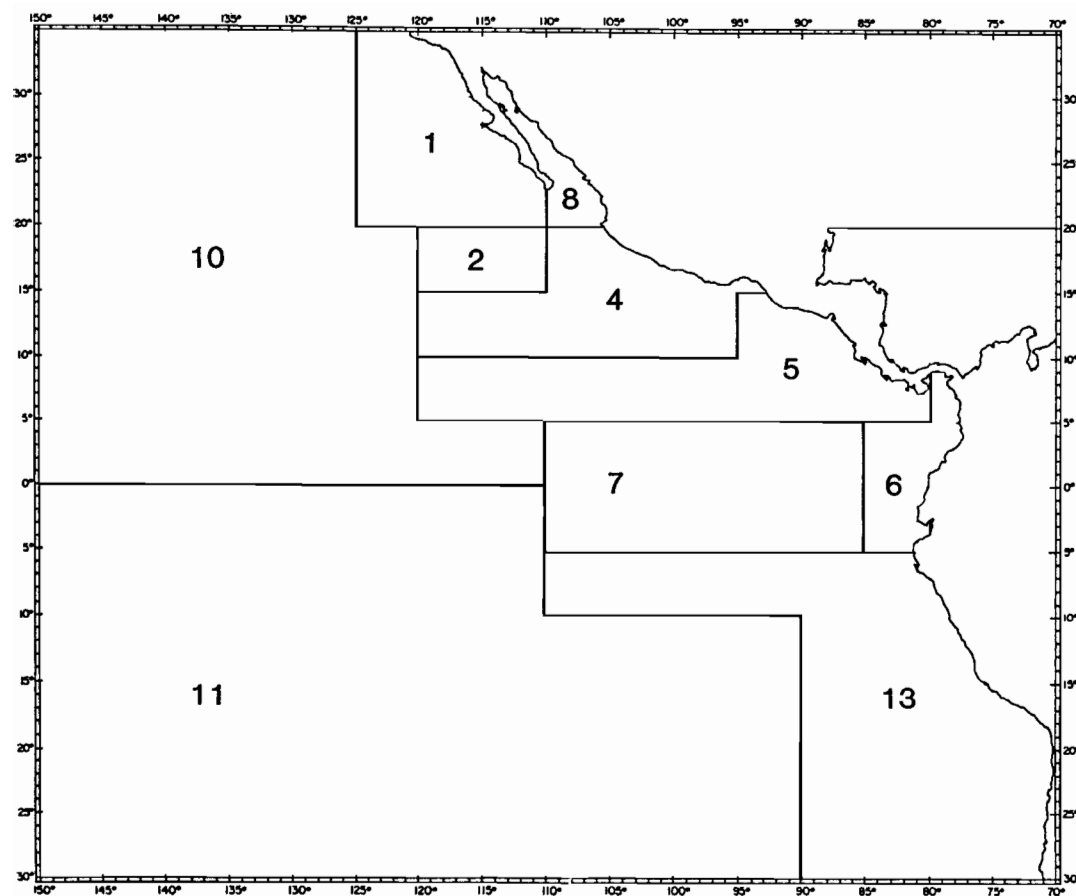
**FIGURE 8.** Time-area strata used to standardize catch rates.

**FIGURA 8.** Estratos de tiempo y zona usados para normalizar los índices de captura.



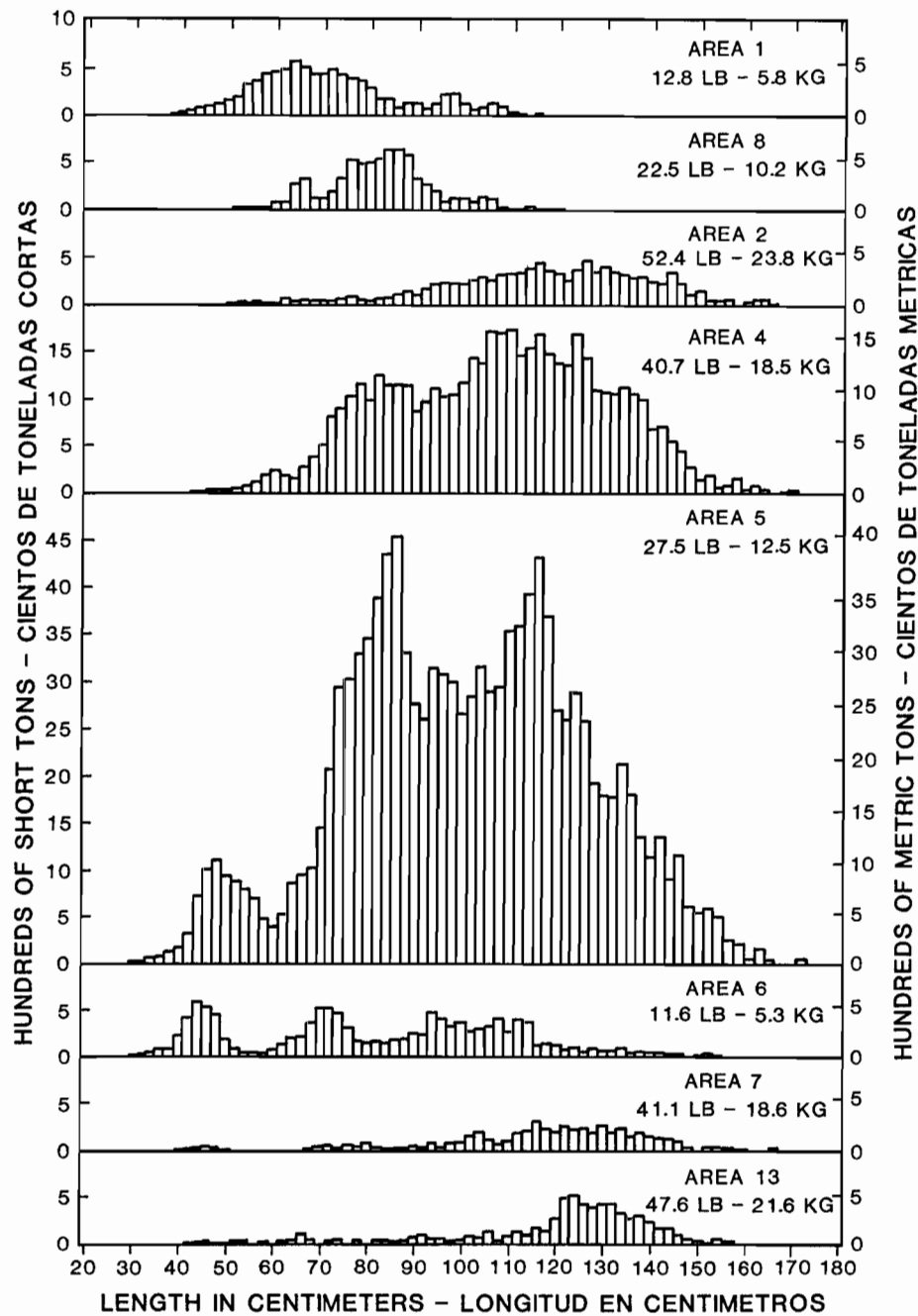
**FIGURE 9.** Comparison of annual indices of abundance of yellowfin. The solid line is the index from this study and the vertical bars are the 95-percent confidence limits. The dashed line is the index most commonly used, CPDF for vessels with greater than 400 tons holding capacity.

**FIGURA 9.** Comparación de índices anuales de abundancia de aleta amarilla. La línea continua indica el índice correspondiente a este estudio y las barras verticales representan los límites de confiabilidad de 95 por ciento. La línea de trazos es el índice de uso más frecuente, CPDP de barcos de más de 400 toneladas de capacidad de acarreo.



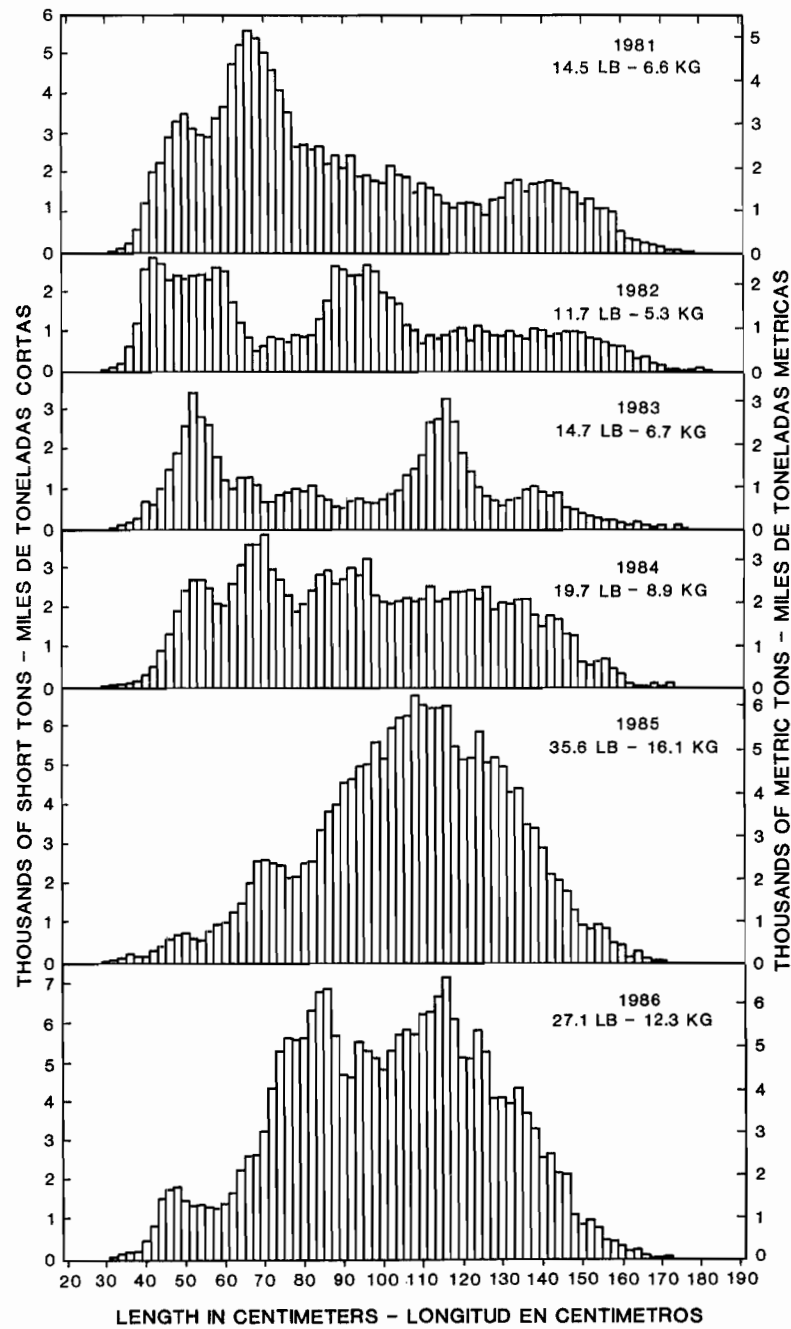
**FIGURE 10.** Areas used for sampling tunas in the eastern Pacific Ocean.

**FIGURA 10.** Zonas usadas para tomar muestras de atún en el Océano Pacífico oriental.



**FIGURE 11.** Estimated yellowfin catch by 2-cm intervals for the market measurement areas of the CYRA in 1986. The values in the upper right corners of the panels are average weights.

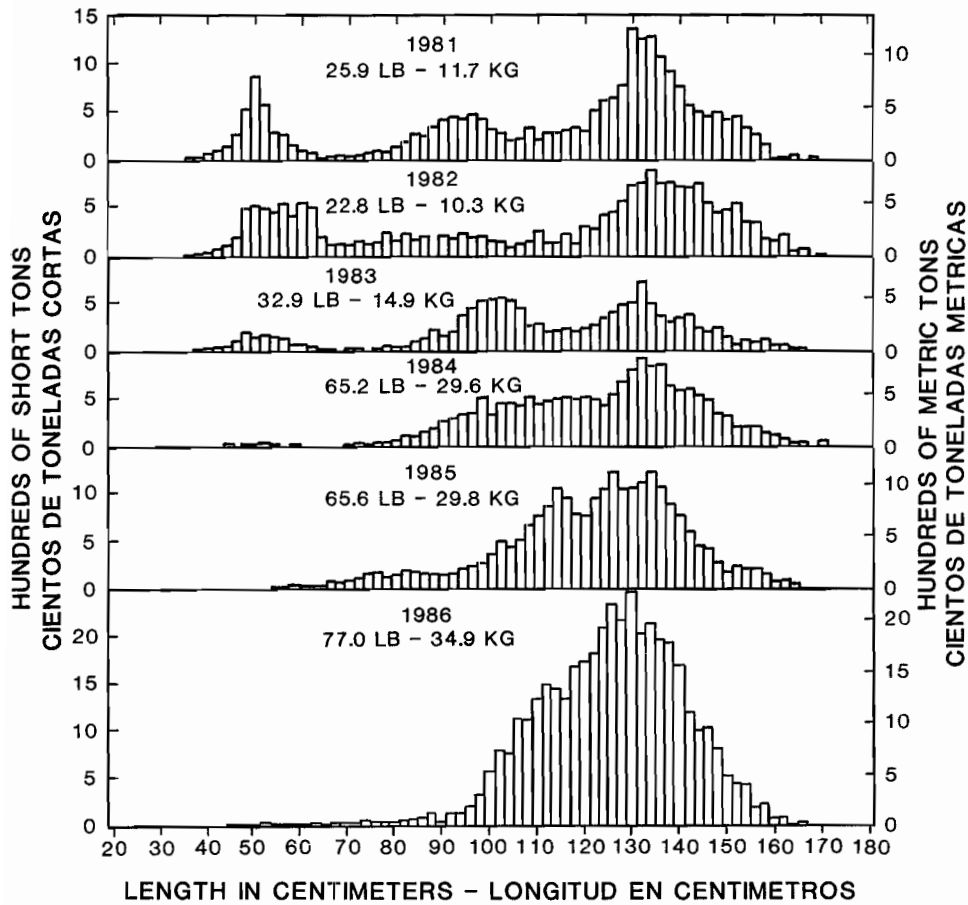
**FIGURA 11.** Captura estimada de aleta amarilla, por intervalos de 2cm, en las zonas de medición en el ARCAA durante 1986. El peso promedio aparece en el extremo superior derecho de cada recuadro.



**FIGURE 12.** Estimated yellowfin catch by 2-cm intervals in the CYRA. The values in the upper right corners of the panels are average weights.

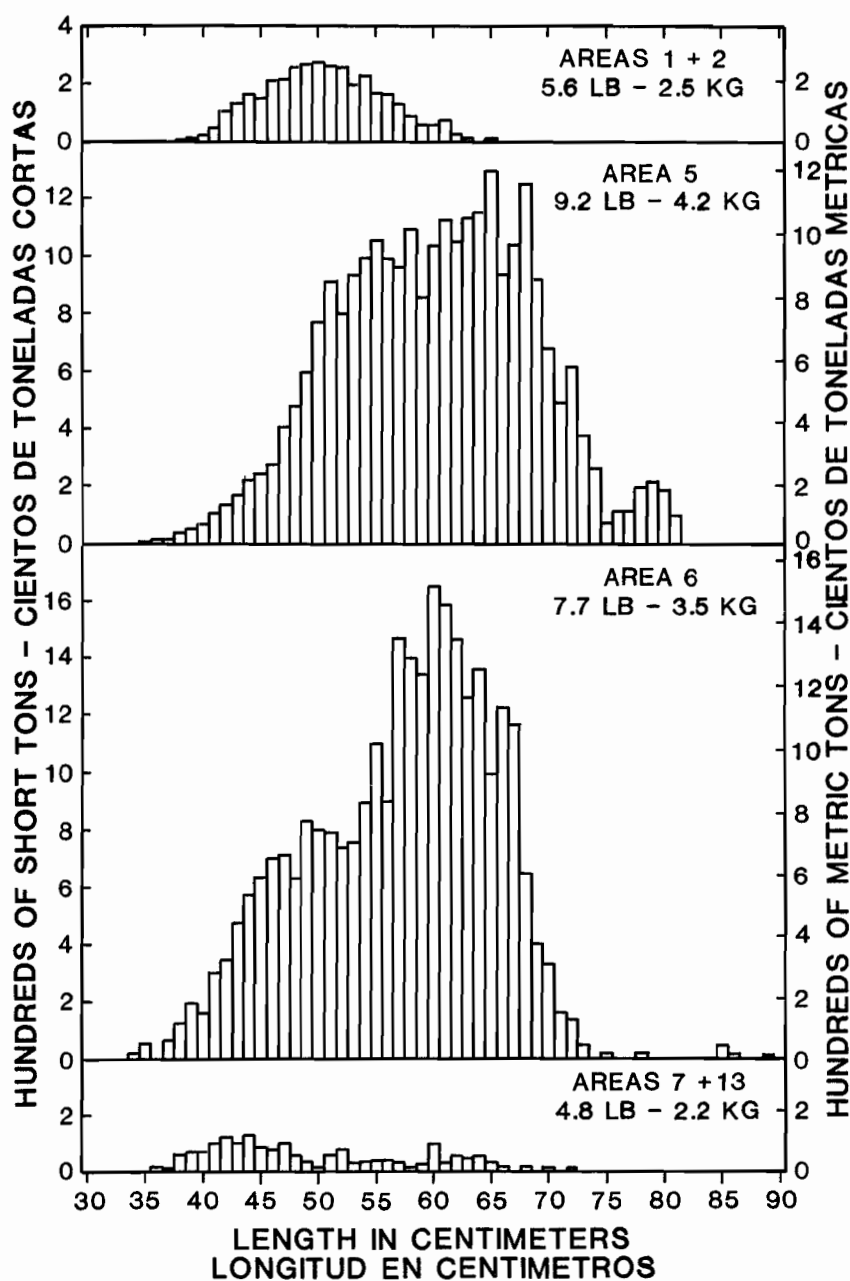
**FIGURA 12.** Captura estimada de aleta amarilla en el ARCAA, por intervalos de 2cm. El peso promedio aparece en el extremo superior derecho de cada recuadro.





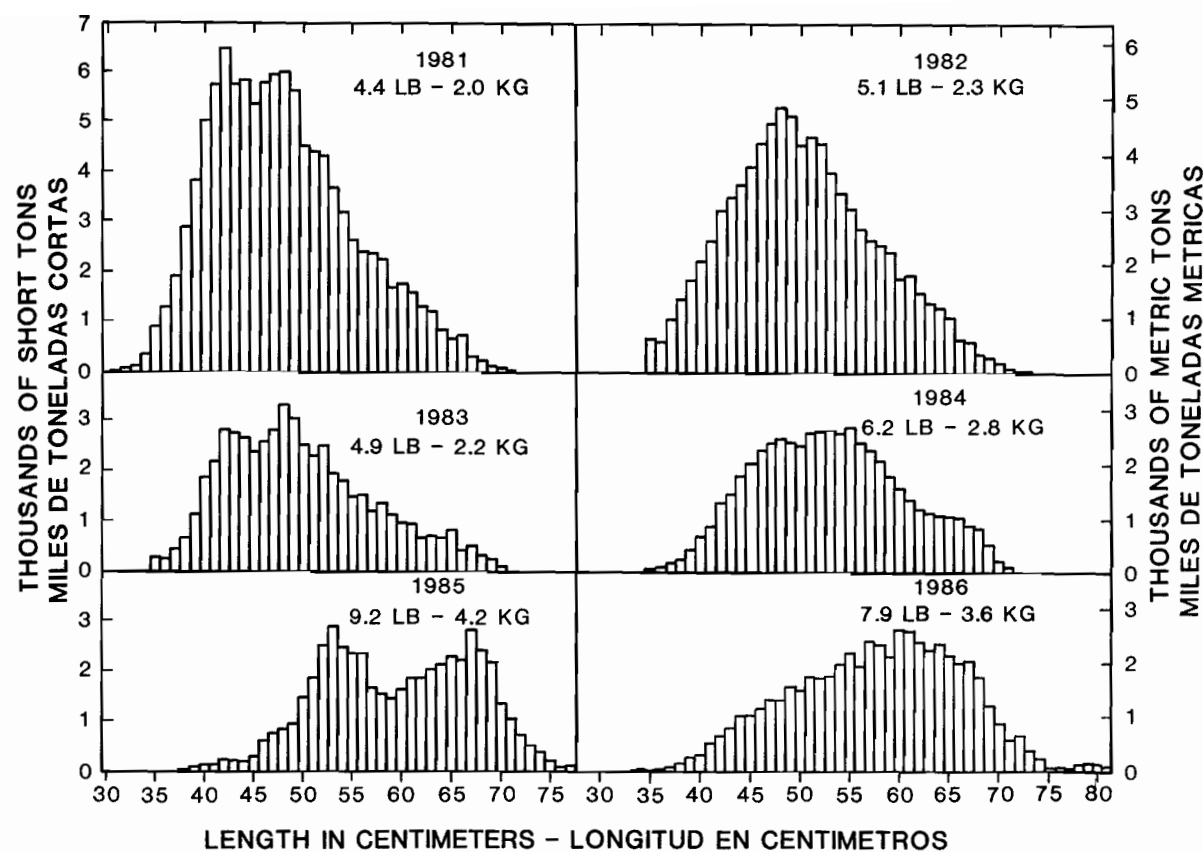
**FIGURE 13.** Estimated yellowfin catch by 2-cm intervals in the area between the CYRA boundary and 150°W. The values in the upper right corners of the panels are average weights.

**FIGURA 13.** Captura estimada de aleta amarilla, por intervalos de 2cm, obtenida en la zona entre el límite del ARCAA y 150°W. El peso promedio aparece en el extremo superior derecho de cada recuadro.



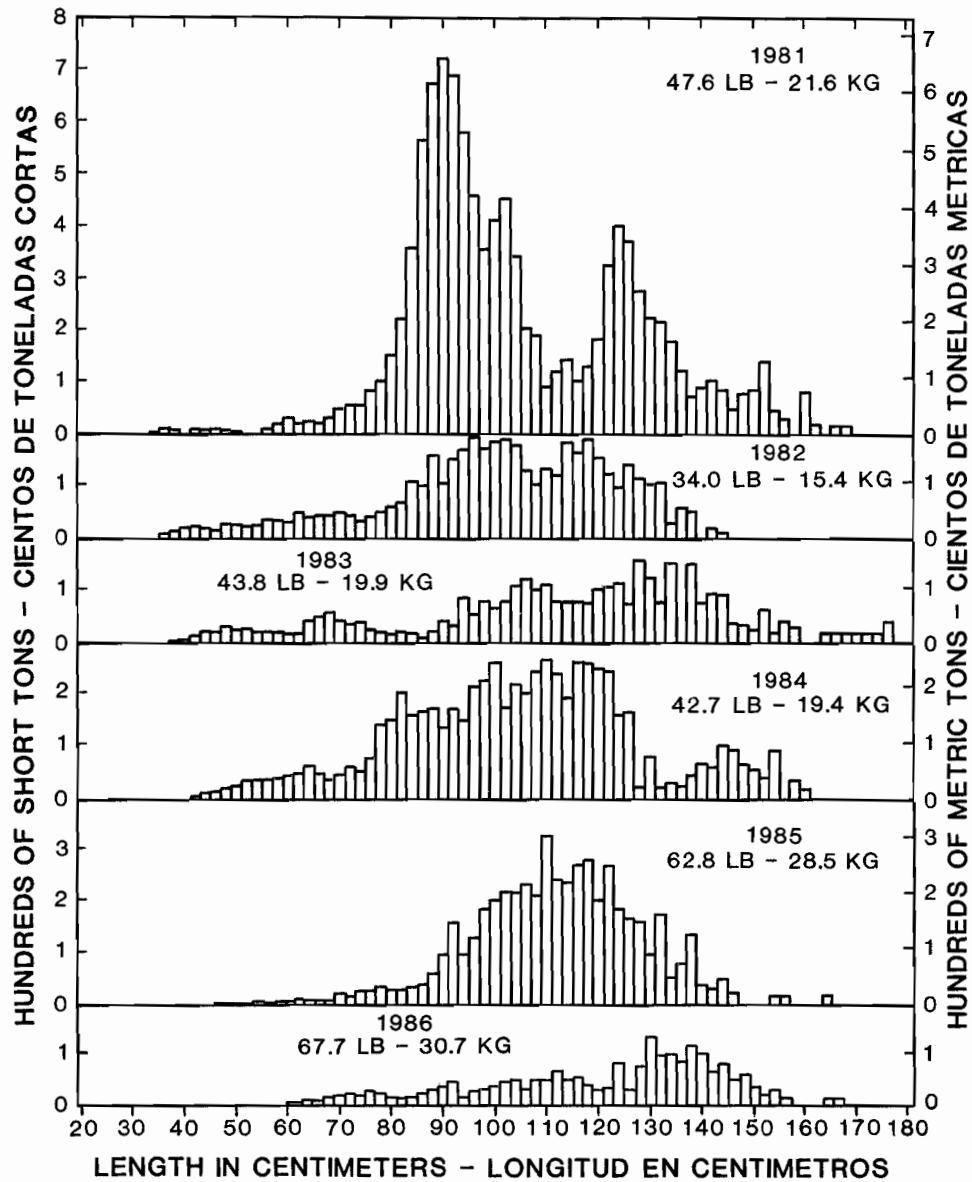
**FIGURE 14.** Estimated skipjack catch by 1-cm intervals for selected market measurement areas of the eastern Pacific Ocean in 1986. The values in the upper right corners of the panels are average weights.

**FIGURA 14.** Captura estimada de barrilete, por intervalos de 1cm, correspondiente a zonas seleccionadas de medición en el Océano Pacífico oriental en 1986. El peso promedio aparece en el extremo superior derecho de cada recuadro.



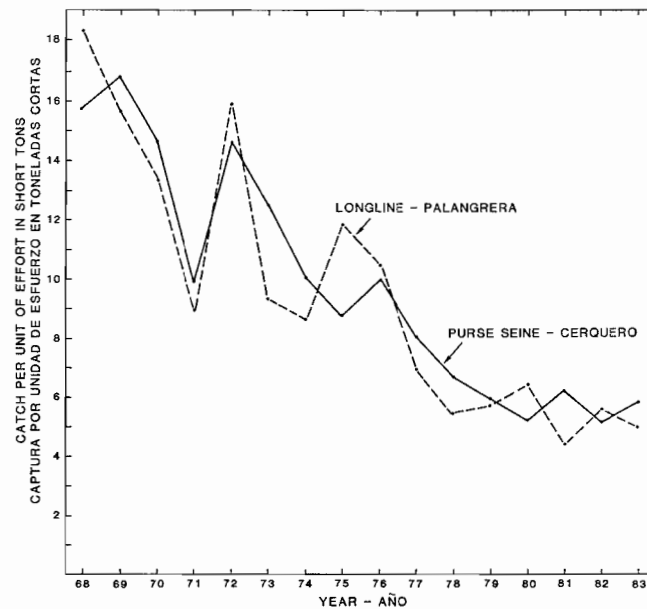
**FIGURE 15.** Estimated skipjack catch by 1-cm intervals in the eastern Pacific Ocean. The values in the upper right corners of the panels are average weights.

**FIGURA 15.** Captura estimada de barrilete, por intervalos de 1cm, obtenida en el Océano Pacífico oriental. El peso promedio aparece en el extremo superior derecho de cada recuadro.



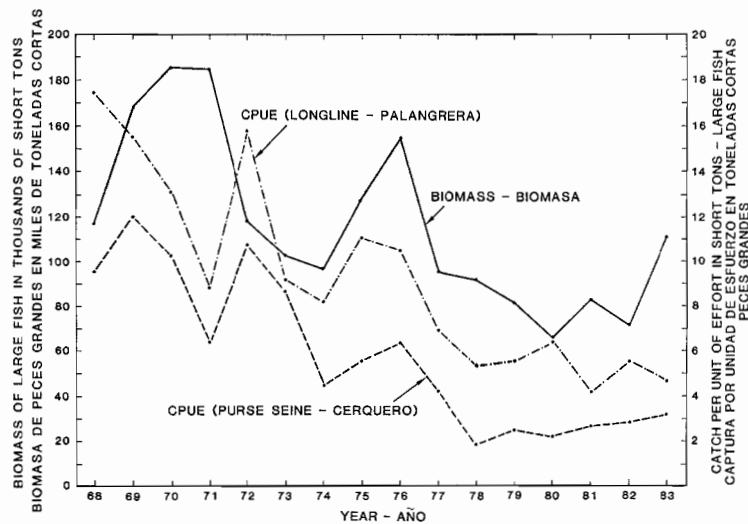
**FIGURE 16.** Estimated bigeye catch by 2-cm intervals in the Eastern Pacific Ocean. The values in the upper right corners of the panels are average weights.

**FIGURA 16.** Captura estimada de patudo, por intervalos de 2cm, obtenida en el Océano Pacífico oriental. El peso promedio aparece en el extremo superior derecho de cada recuadro.



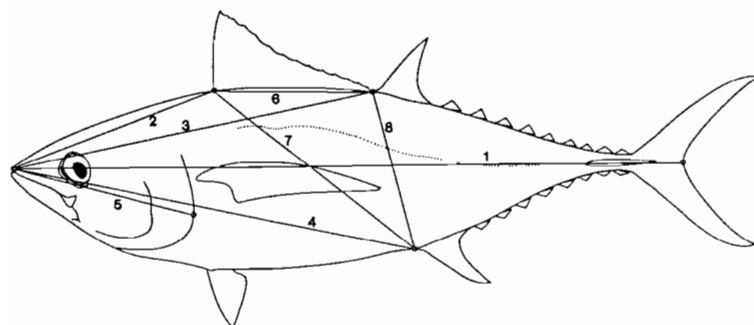
**FIGURE 17.** Catch per day of fishing for yellowfin by Class-6 purse seiners, compared to catch of yellowfin per 73,800 hooks by longliners in the Pacific Ocean east of 150°W.

**FIGURA 17.** Captura por día de pesca de aleta amarilla efectuada por cerqueros de la clase 6 de arqueo, comparada con la captura de aleta amarilla por cada 73,800 anzuelos efectuada por la pesca palangrera en el Océano Pacífico al este de 150°W.



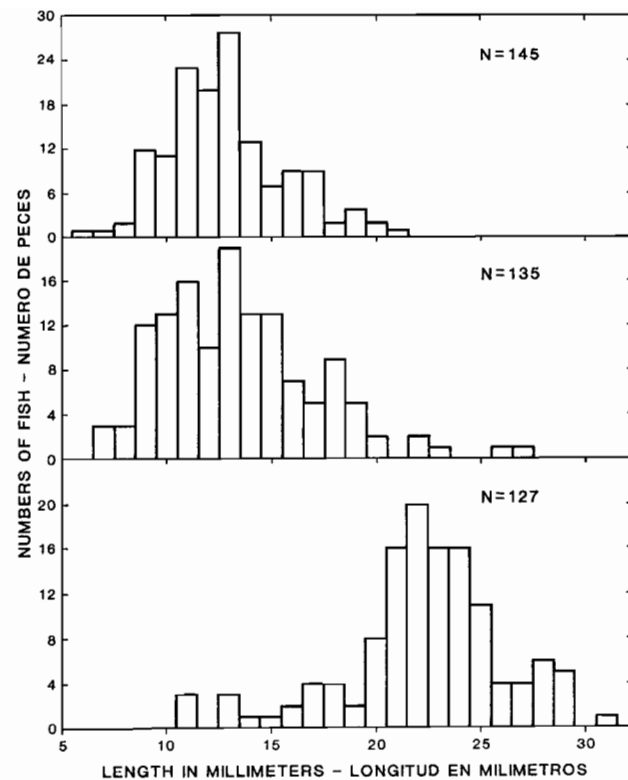
**FIGURE 18.** Catches per unit of effort of large yellowfin by Class-6 purse seiners and by longliners, compared to biomass estimates of large yellowfin in the Pacific Ocean east of 150°W.

**FIGURA 18.** Capturas por unidad de esfuerzo de ejemplares grandes de aleta amarilla efectuada por cerqueros de la clase 6 de arqueo y por barcos palangreros, comparadas con las estimaciones de la biomasa de ejemplares grandes de aleta amarilla en el Océano Pacífico al este de 150°W.



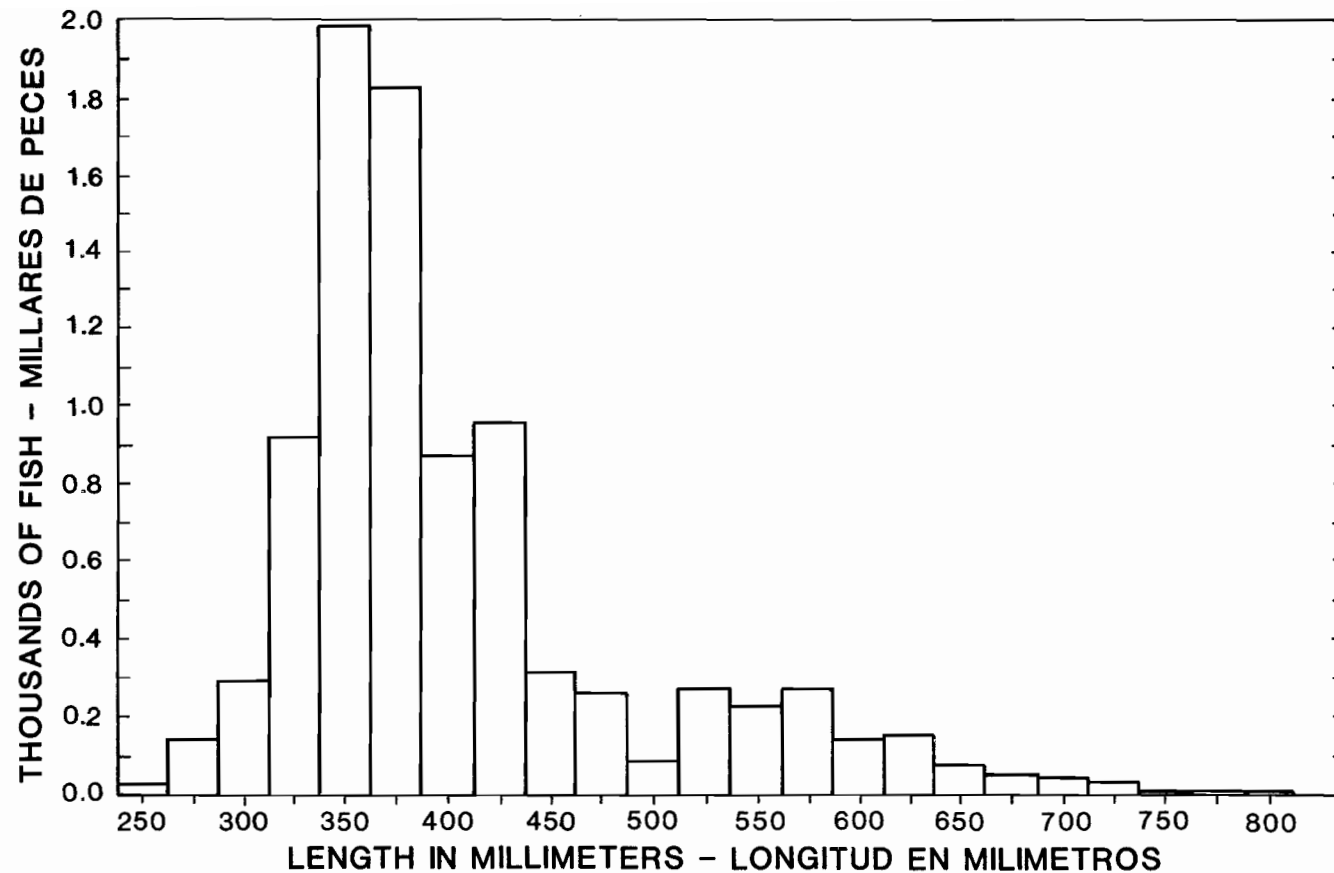
**FIGURE 19.** Morphometric characters measured to be used for yellowfin analysis. The symbols are as follows: 1, total length; 2, snout to insertion of first dorsal fin; 3, snout to insertion of second dorsal fin; 4, snout to insertion of anal fin; 5, head length; 6, insertion of first dorsal fin to insertion of second dorsal fin; 7, insertion of first dorsal fin to insertion of anal fin; 8, insertion of second dorsal fin to insertion of anal fin.

**FIGURA 19.** Características morfométricas medidas para los análisis del aleta amarilla. Los símbolos son los siguientes: 1, longitud total; 2, hocico a la inserción de la primera dorsal; 3, hocico a la inserción de la segunda dorsal; 4, hocico a la inserción anal; 5, longitud cefálica; 6, inserción de la primera dorsal a la inserción de la segunda dorsal; 7, inserción de la primera dorsal a la inserción anal; 8, inserción de la segunda dorsal a la inserción anal.



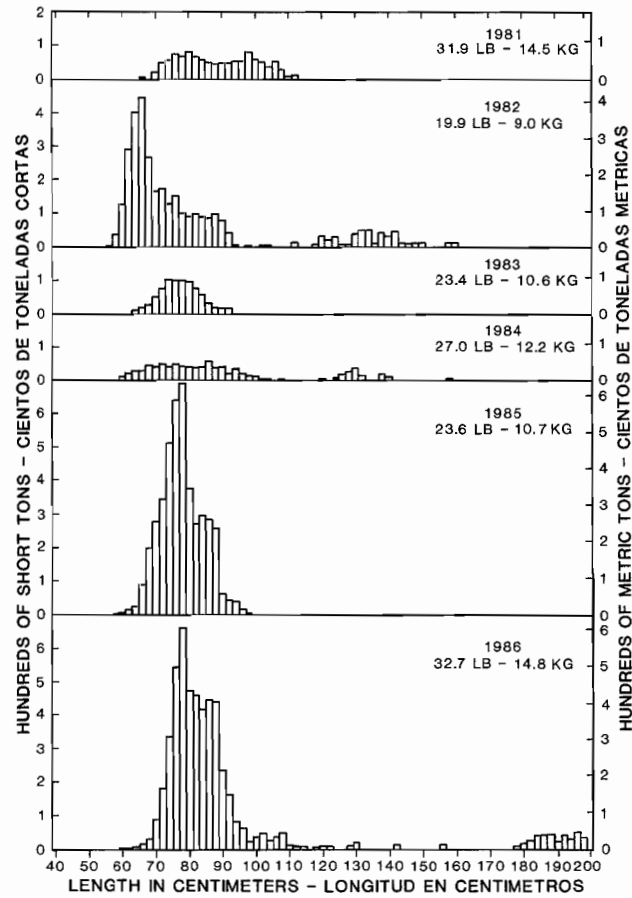
**FIGURE 20.** Standard lengths of black skipjack (upper panel), frigate tuna (middle panel), and sierra (lower panel) caught by nightlighting off Achotines during 1984-1986.

**FIGURA 20.** Longitud estándar de barrilete negro (recuadro superior), melva (recuadro central) y sierra (recuadro inferior) capturado con iluminación nocturna frente a Achotines durante el período 1984-1986.



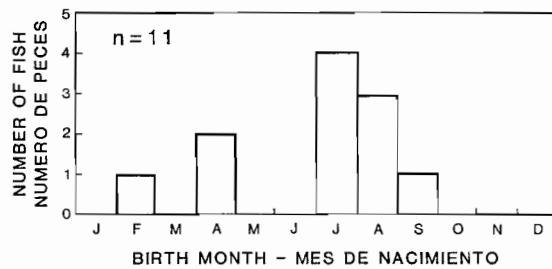
**FIGURE 21.** Length-frequency distribution of *Lutjanus jordani* landed in Los Santos province of Panama during 1986.

**FIGURA 21.** Distribución de la frecuencia de talla de los ejemplares de *Lutjanus jordani* desembarcados en la Provincia de Los Santos, República de Panamá, durante 1986.



**FIGURE 22.** Estimated northern bluefin catch by 2-cm intervals in the eastern Pacific Ocean. The values in the upper right corners of the panels are average weights.

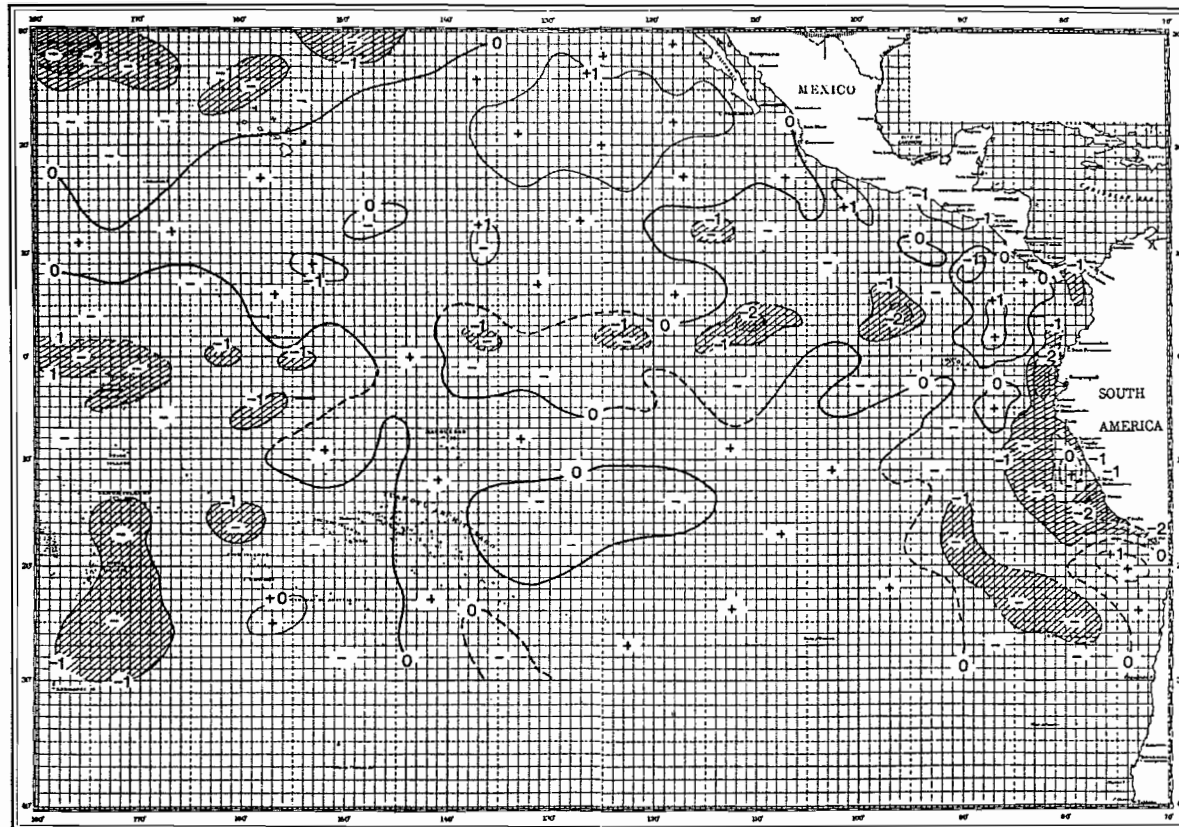
**FIGURA 22.** Captura estimada de atún aleta azul del norte, por intervalos de 2cm, obtenida en el Océano Pacífico oriental. El peso promedio aparece en el extremo superior derecho de cada recuadro.



**FIGURE 23.** Distribution of estimates of birth months of 11 fish less than 4 years old from back calculation of age estimates from otolith daily increments.

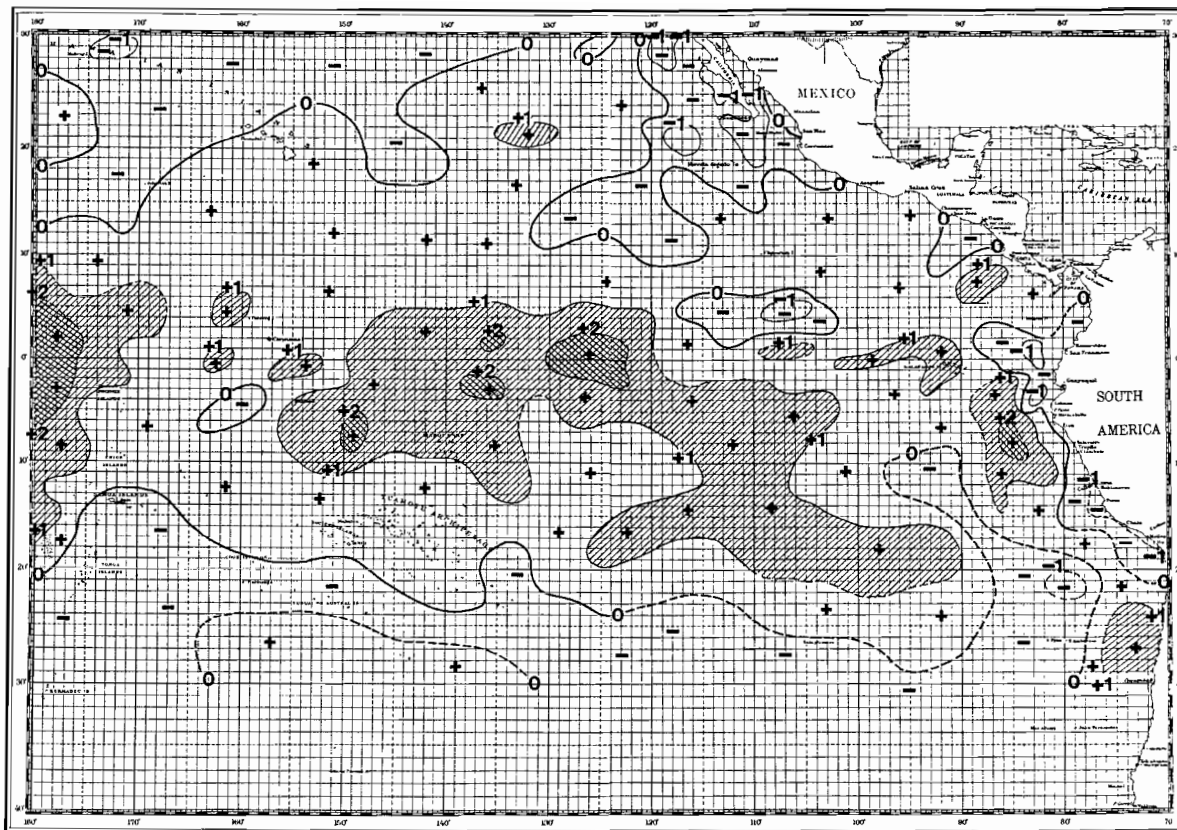
**FIGURA 23.** Distribución de la estimación del mes de nacimiento de 11 peces menores de 4 años a partir del cálculo regresivo de la edad basado en los incrementos diarios de los otolitos.





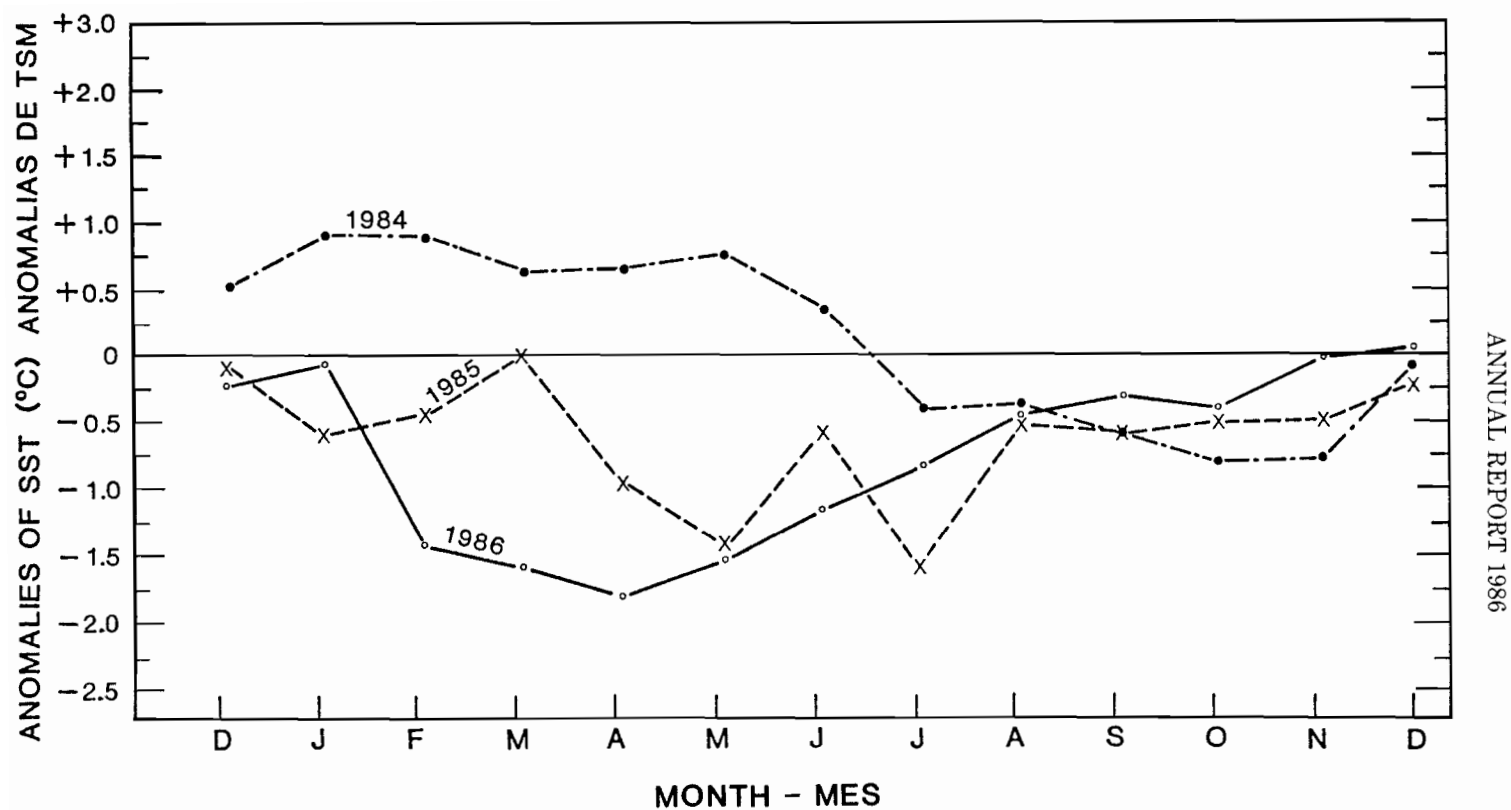
**FIGURE 24.** Departures of SSTs from long-term normals (anomalies) for May 1986, based on data from commercial ships and fishing vessels. The areas with SSTs from 1° to 2°C below normal are hatched.

**FIGURA 24.** Divergencias (anomalías) de las TSM en relación con temperaturas normales a largo plazo en mayo de 1986, basadas en datos de barcos mercantes y pesqueros. Las zonas sombreadas señalan las áreas en que la TSM fue de 1° a 2°C menor que lo normal.



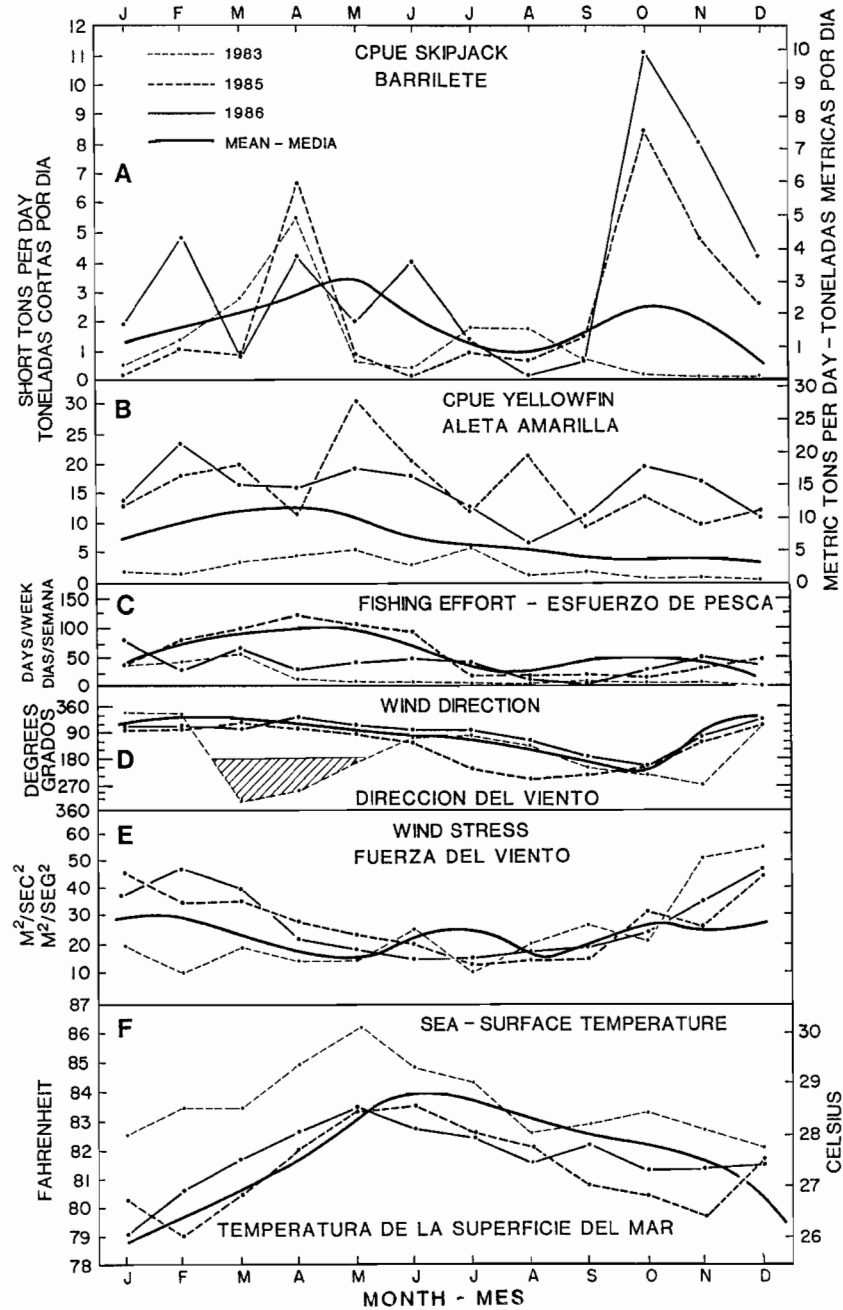
**FIGURE 25.** Departures of SSTs from long-term normals (anomalies) for November 1986, based on data from commercial ships and fishing vessels. The areas with SSTs from 1° to 2°C above normal are hatched.

**FIGURA 25.** Divergencias (anomalías) de las TSM en relación con temperaturas normales a largo plazo en noviembre de 1986, basadas en datos de barcos mercantes y pesqueros. Las zonas sombreadas señalan las áreas en que la TSM fue de 1° a 2°C mayor que lo normal.



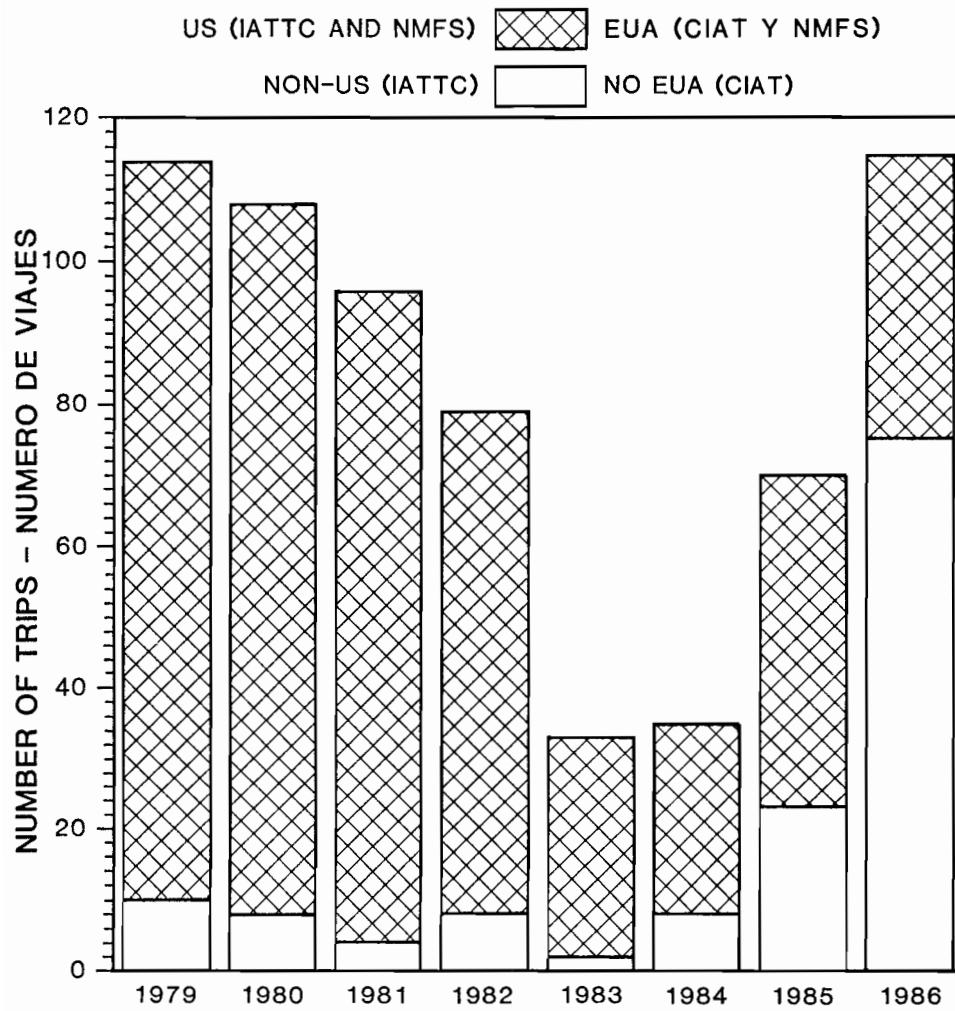
**FIGURE 26.** Monthly mean anomalies of SSTs from December 1983 to December 1986 at Manta, Ecuador. The anomalies are based on SSTs recorded at the pier.

**FIGURA 26.** Media mensual de las anomalías en la TSM en Manta, Ecuador, durante el período diciembre 1983-diciembre 1986. Las anomalías se basan en TSM registradas en el muelle.



**FIGURE 27.** Fishing and environmental data for the Costa Rica Dome area, centered at about 9°N-90°W. The heavy solid lines represent the 1962-1986 means. The figure is explained further in the text.

**FIGURA 27.** Datos ambientales y de pesca del Domo de Costa Rica, cuyo centro se ubica aproximadamente en 9°N-90°W. Las líneas continuas gruesas representan las medias del período 1962-1986. En el texto se dan mayores explicaciones sobre la figura.



**FIGURE 28.** Numbers of sampled trips (calendar year departures) by the combined IATTC and U.S. NMFS programs.

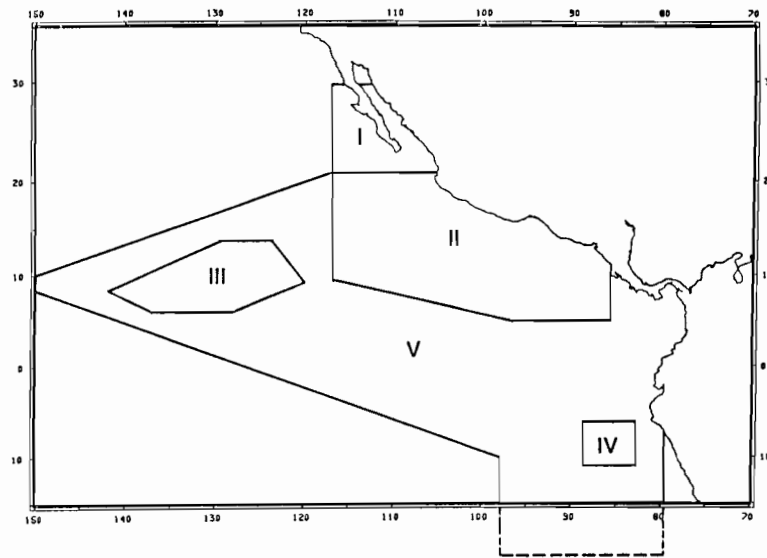
**FIGURA 28.** Número de viajes muestreados en forma combinada bajo los programas de la CIAT y el NMFS (de barcos que zarparon en el año civil).



**FIGURE 29.** Students and instructors for the IATTC course on estimation of abundance of marine mammals.

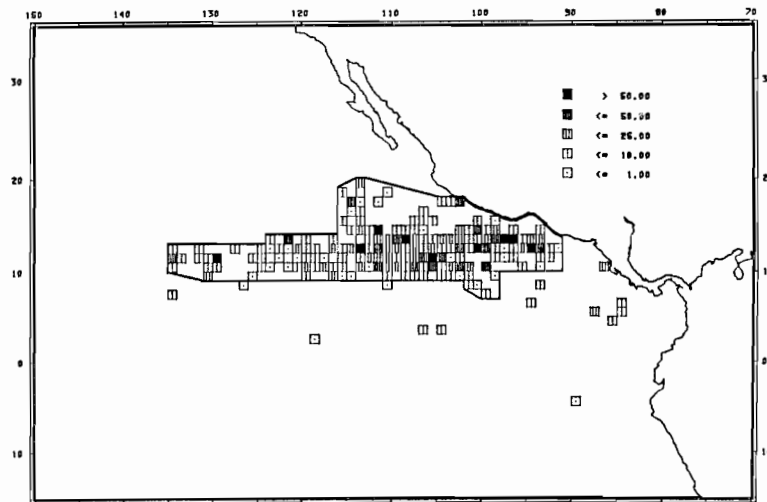
**FIGURA 29.** Estudiantes e instructores que participaron en el curso de la CIAT sobre estimación de abundancia de mamíferos marinos.

First row—primera fila: M.A. Barreto (Ven.), M.A. Prieto (Ec.), C. Coronado (Ven.), M. Hall (IATTC), A. Parma (Univ. Wash.), P. Arena (Univ. Wash.), N. de González (Ven.); Second row—segunda fila: J.C. Reyes (Perú), J. Oporto (Chile), G. Gómez (Ven.), R. García (Ven.), O. Figueroa (Ven.); Third row—tercera fila: D. López (Pan.), M. Fontaine (Ven.), A. Granado (Ven.), D. Arrieche (Ven.), M.A. Prieto (Col.), L. Troccoli (Ven.), A. Reyes (Ven.); Fourth row—cuarta fila: S. Buckland (IATTC), J.C. Cárdenas (Chile), F. Yañez (Ven.), O. Hernández (Ven.), J. Fermín (Ven.), V. Guillén (Perú), B. Marín (Ven.).



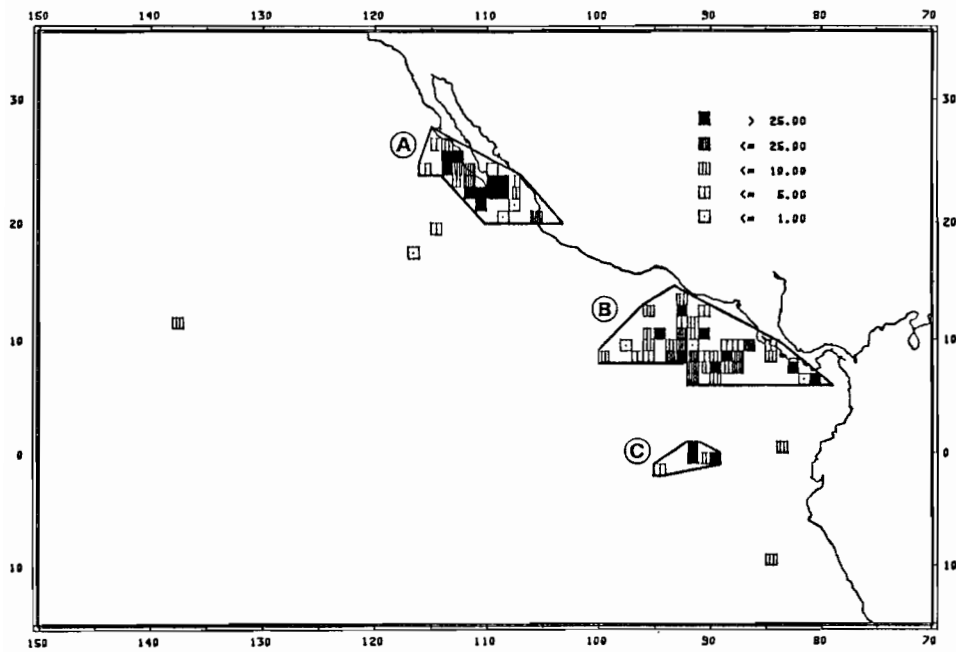
**FIGURE 30.** Area strata used for estimation of mortality of offshore spotted and whitebelly spinner dolphins.

**FIGURA 30.** Estratos por zona usados para estimar la mortalidad de delfín manchado de altamar y delfín tornillo panza blanca.



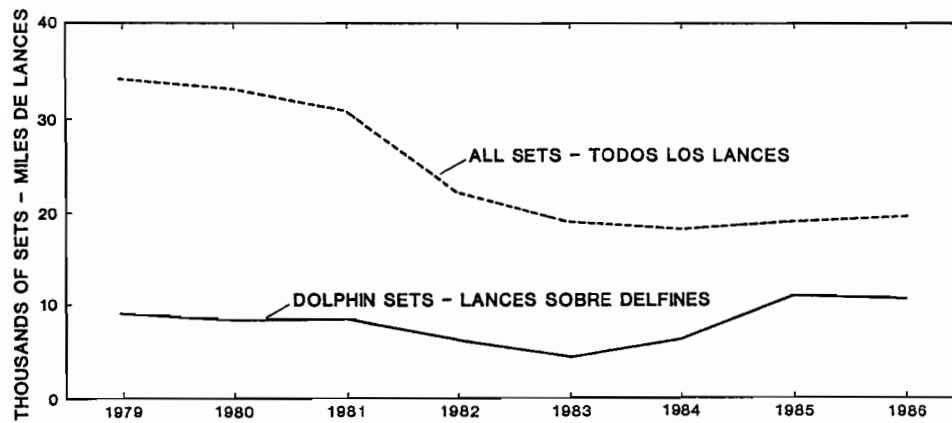
**FIGURE 31.** Area strata used for estimation of mortality of eastern spinner dolphins. The distribution of observed mortalities of these during 1979-1983, estimated from IATTC and NMFS scientific technician data, is also shown.

**FIGURA 31.** Estratos por zona usados para estimar la mortalidad de delfín tornillo oriental. Se indica, asimismo, la distribución de la mortalidad observada durante el período 1979-1983, calculada a partir de datos recolectados por técnicos científicos de la CIAT y el NMFS.



**FIGURE 32.** Area strata used for estimation of mortality of common dolphins. The distribution of observed mortalities of these during 1979-1983, estimated from IATTC and NMFS scientific technician data, is also shown.

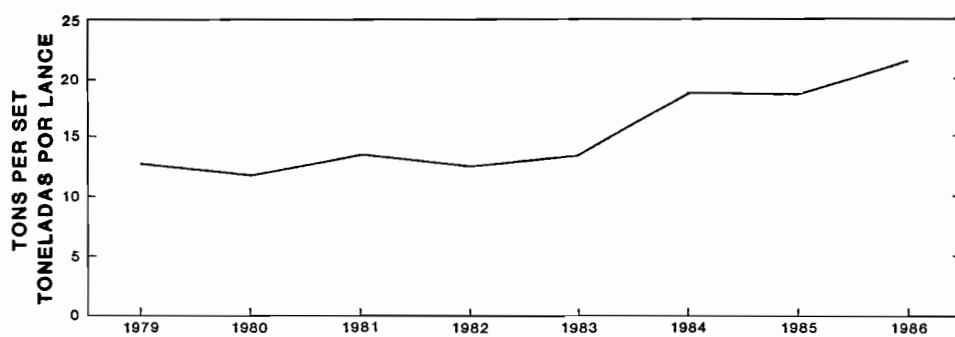
**FIGURA 32.** Estratos por zona usados para estimar la mortalidad de delfín común. Se indica, asimismo, la distribución de la mortalidad observada durante el período 1979-1983, calculada a partir de datos recolectados por técnicos científicos de la CIAT y el NMFS.



**FIGURE 33.** Numbers of sets made on dolphin-associated schools and on all types of schools.

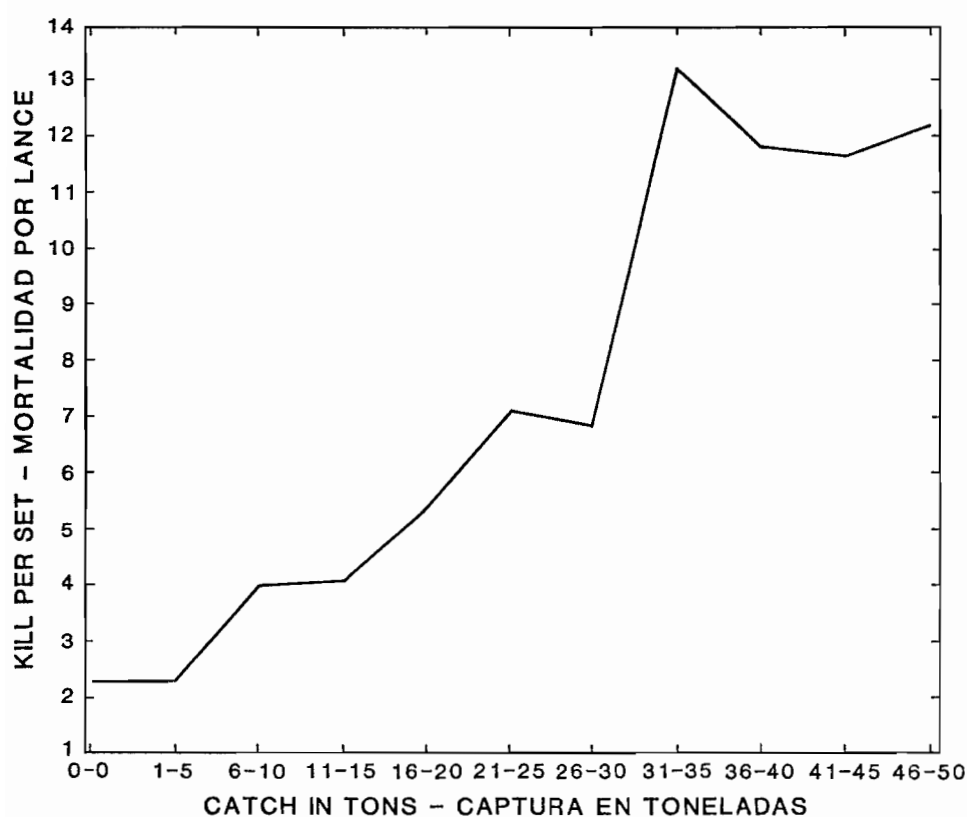
**FIGURA 33.** Número de lances hechos sobre cardúmenes asociados con delfines y sobre todos los tipos de cardúmenes.





**FIGURE 34.** Tons of yellowfin and skipjack caught per set in schools of tunas associated with dolphins.

**FIGURA 34.** Toneladas de aleta amarilla y barrilete capturadas por lance en cardúmenes de atún asociados con delfín.



**FIGURE 35.** Mean kills per set for different catch levels.

**FIGURA 35.** Promedio de mortalidades por lance para diferentes niveles de captura.

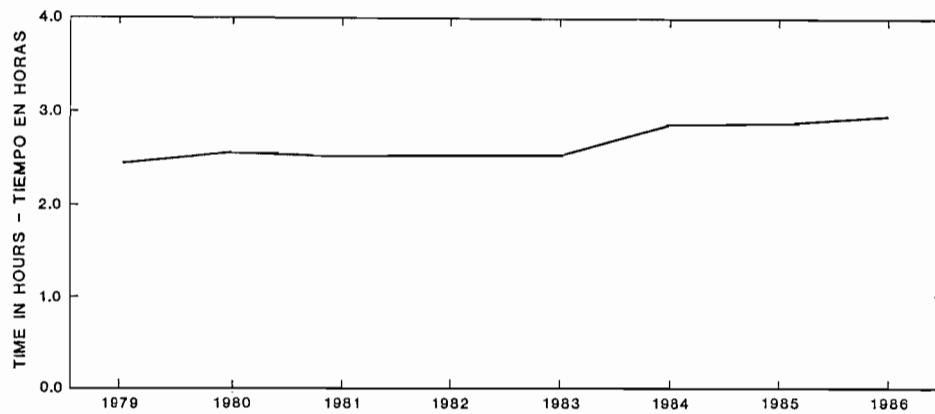


FIGURE 36. Mean times for sets made on schools of tunas associated with dolphins.

FIGURA 36. Duración media de lances hechos sobre cardúmenes de atún asociados con delfines.

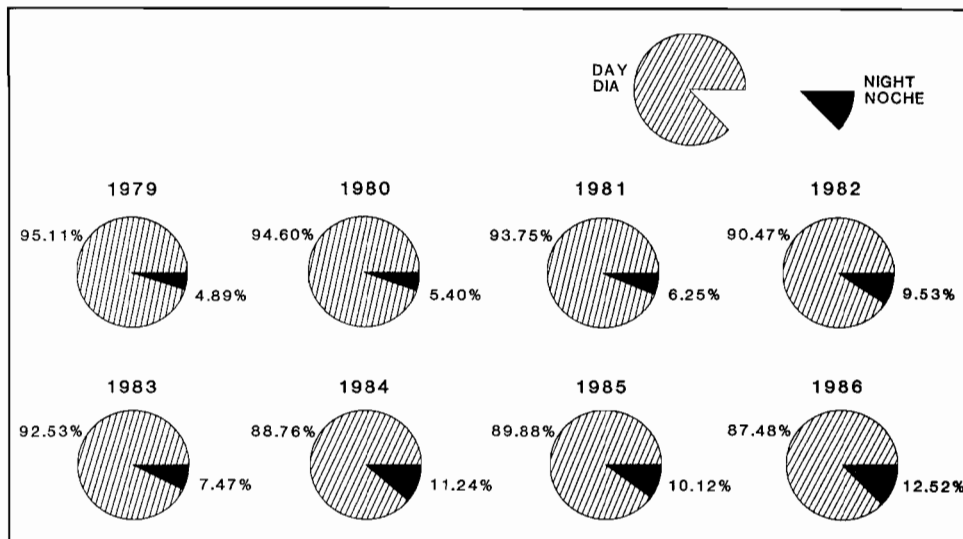
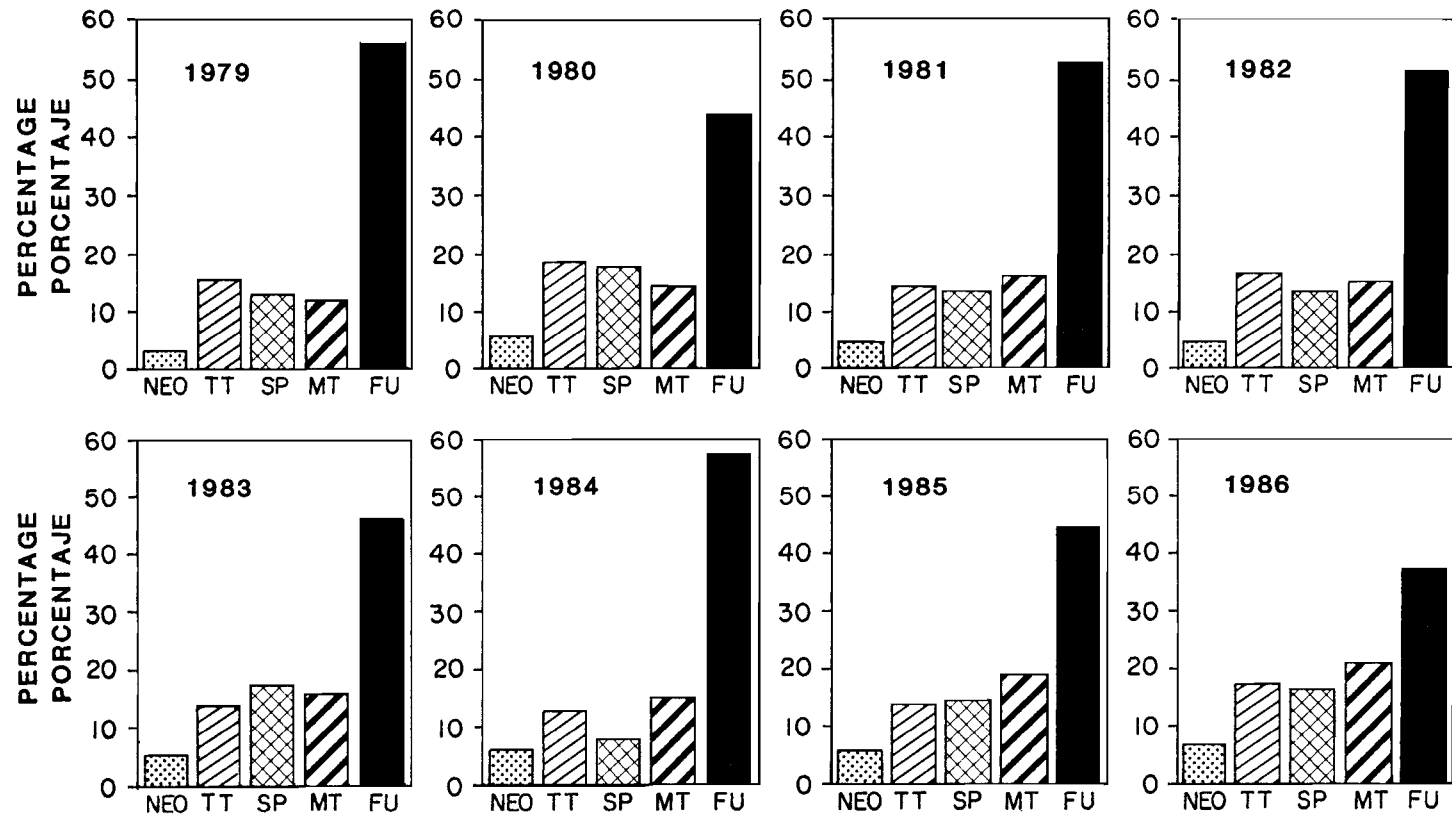


FIGURE 37. Proportions of sets completed during hours of darkness.

FIGURA 37. Proporción de lances completados en la oscuridad.



**FIGURE 38.** Numbers of sets completed during hours of darkness.  
**FIGURA 38.** Número de lances completados en la oscuridad.



**FIGURE 39.** Distributions of color patterns for spotted dolphins killed by the fishery. The abbreviations are as follows: NEO, neonate; TT, two-tone; SP, speckled; MT, mottled; FU, fused or adult.

**FIGURA 39.** Distribución de patrones de coloración de delfines manchados. Las abreviaturas son las siguientes: NEO, neonato; TT, dos tonos; SP, pecos; MT, moteado; FU, fusionado o adulto.

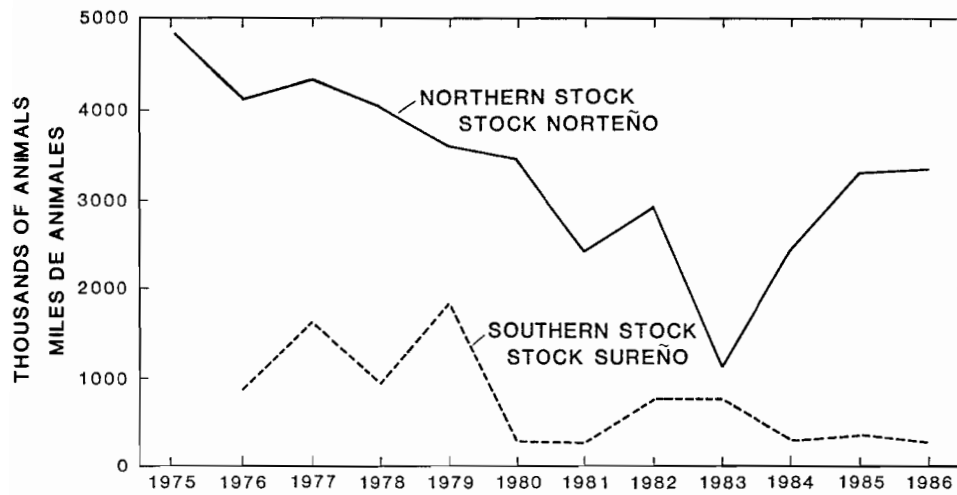


FIGURE 40. Estimated abundance of spotted dolphins.

FIGURA 40. Abundancia estimada de delfin manchado.

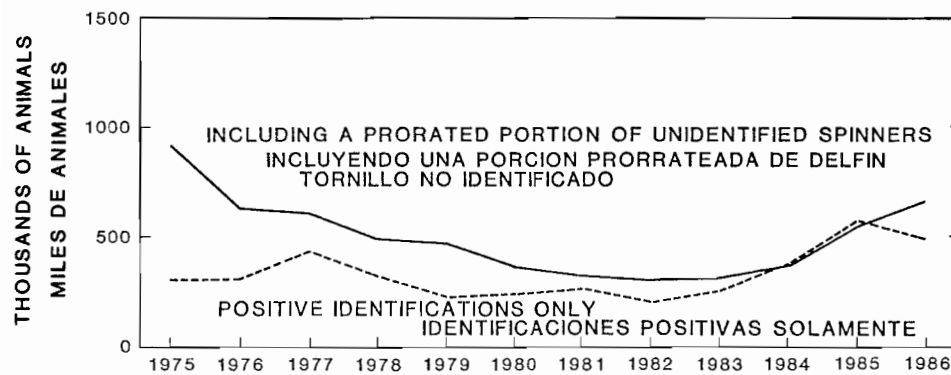


FIGURE 41. Estimated abundance of eastern spinner dolphins.

FIGURA 41. Abundancia estimada de delfin tornillo oriental.

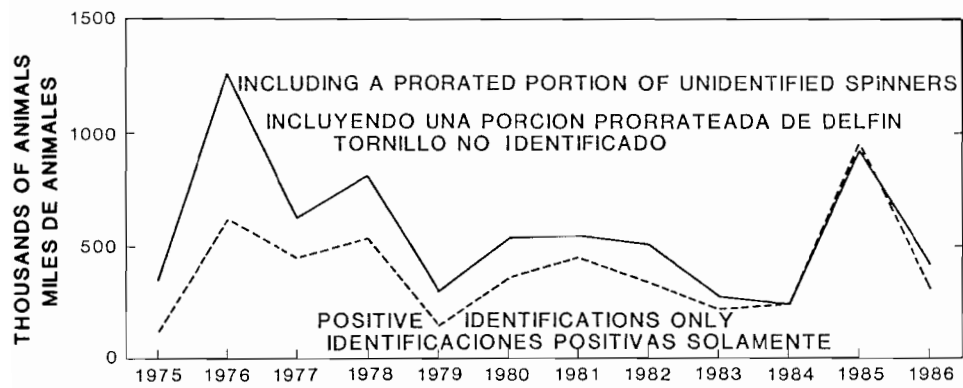


FIGURE 42. Estimated abundance of the northern whitebelly stock of spinner dolphins.

FIGURA 42. Abundancia estimada del stock norteño de delfín tornillo panza blanca.

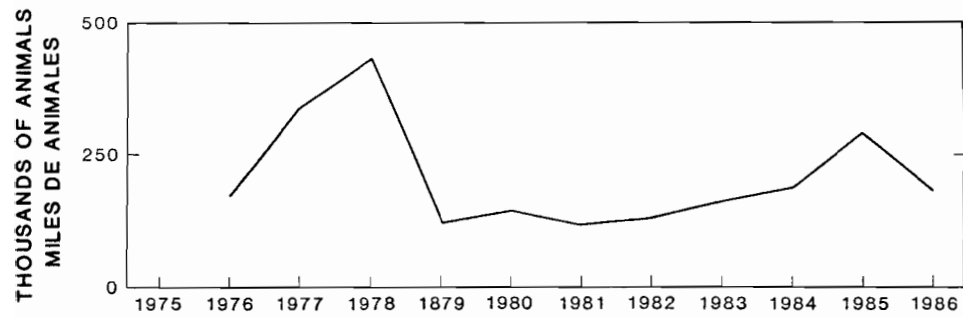
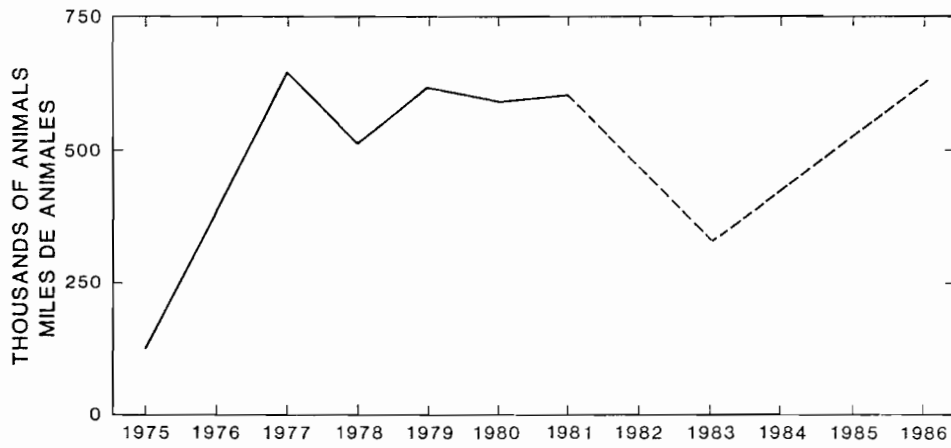


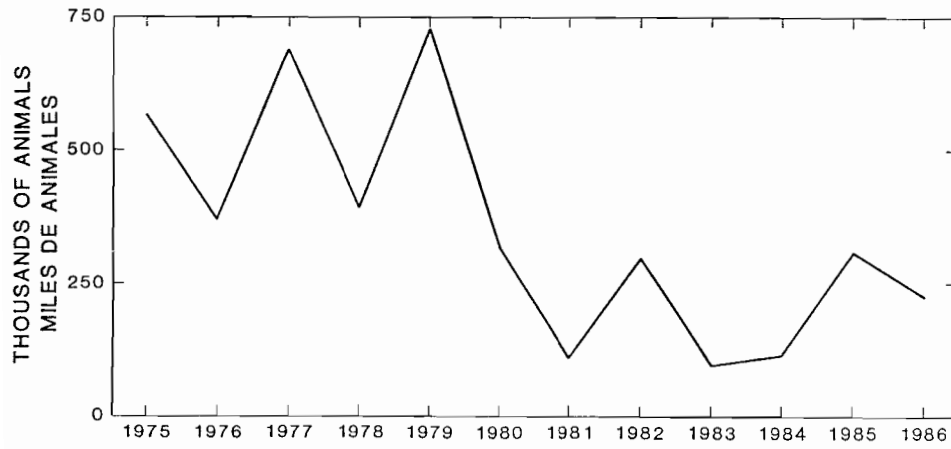
FIGURE 43. Estimated abundance of the southern whitebelly stock of spinner dolphins.

FIGURA 43. Abundancia estimada del stock sureño de delfín tornillo panza blanca.



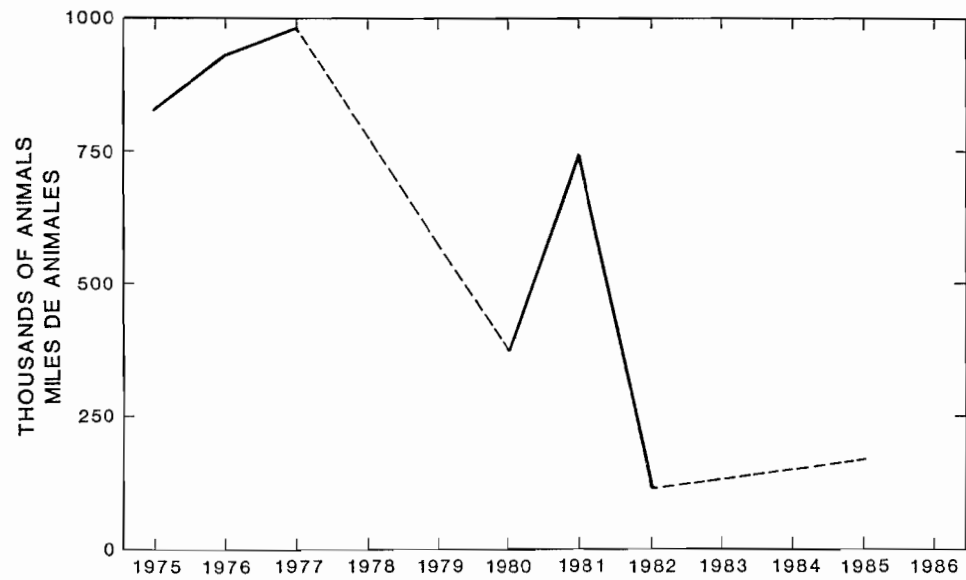
**FIGURE 44.** Estimated abundance of the northern stock of common dolphins.

**FIGURA 44.** Abundancia estimada del stock norteño de delfín común.



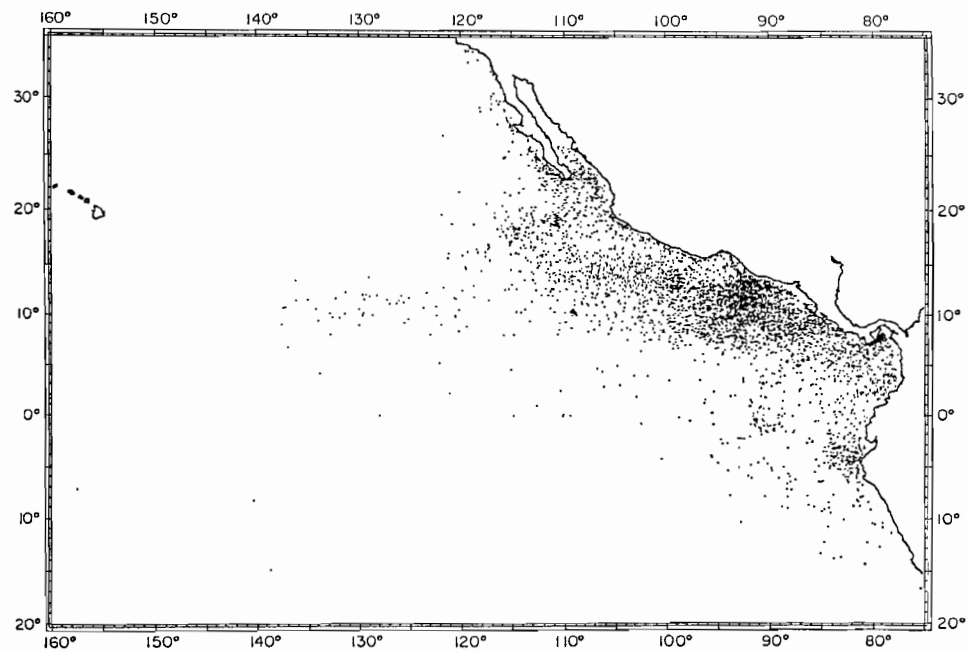
**FIGURE 45.** Estimated abundance of the central stock of common dolphins.

**FIGURA 45.** Abundancia estimada del stock central de delfín común.



**FIGURE 46.** Estimated abundance of the southern stock of common dolphins.

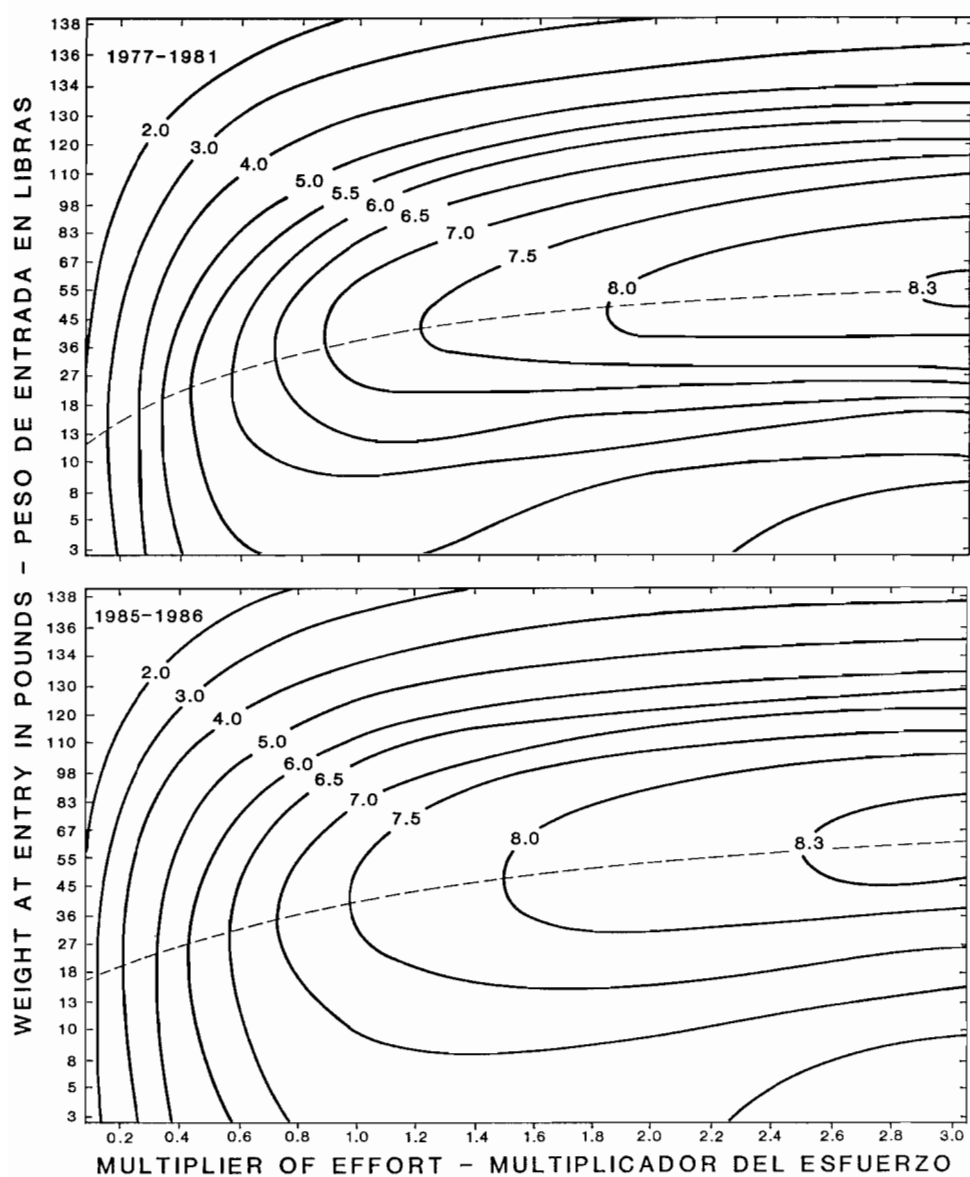
**FIGURA 46.** Abundancia estimada del stock sureño de delfín común.



**FIGURE 47.** Distribution of all sightings of bottlenose dolphins in the eastern Pacific Ocean ( $n = 5461$ ).

**FIGURA 47.** Distribución de todos los avistamientos de toninas en el Océano Pacífico oriental ( $n = 5461$ ).





**FIGURE 48.** Relationships among size at entry, fishing effort, and yield per recruit for yellowfin for two different patterns of age-specific fishing mortality.

**FIGURA 48.** Relación entre la talla de entrada, esfuerzo de pesca y rendimiento por recluta del aleta amarilla correspondiente a dos patrones diferentes de mortalidad por pesca específica para cada edad.

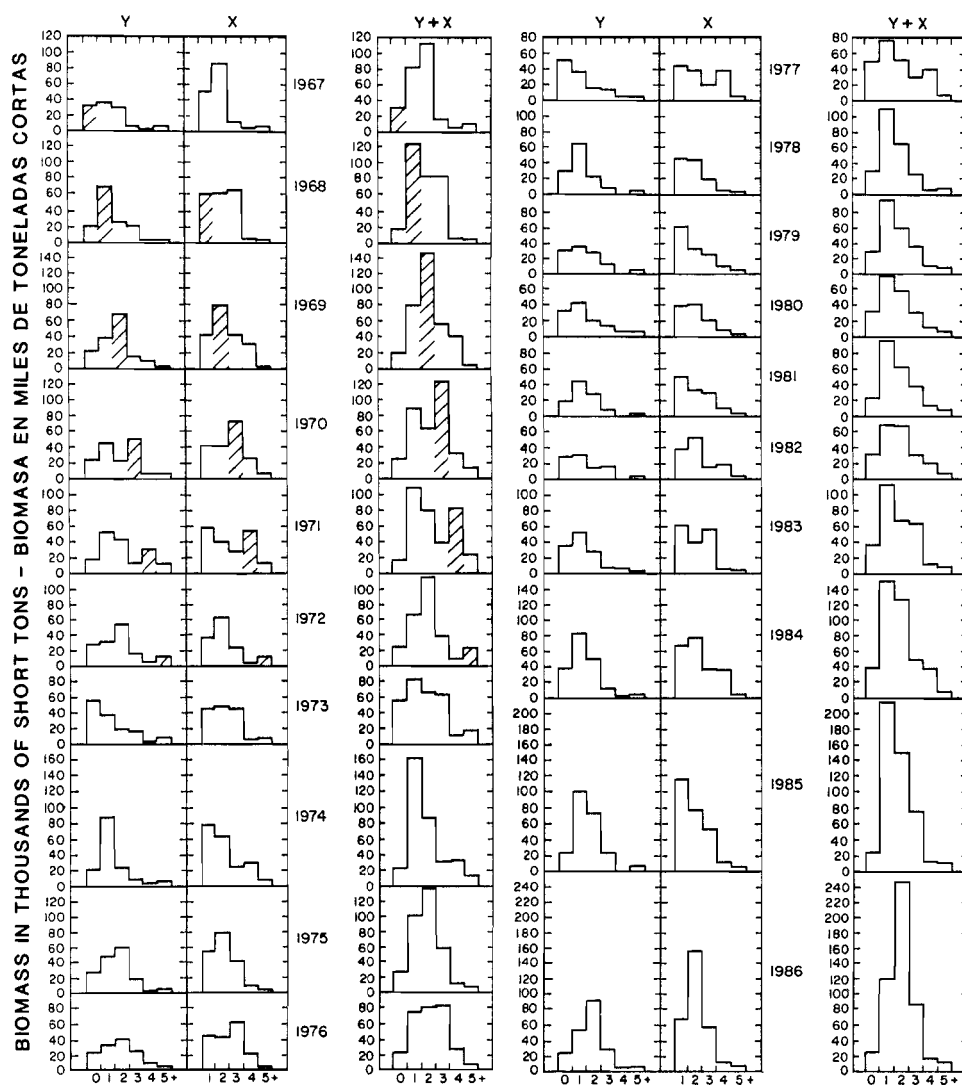


FIGURE 49. Average within-year biomass estimates of yellowfin in the CYRA by age groups.

FIGURA 49. Estimaciones del promedio, en el año, de la biomasa del aleta amarilla en el ARCAA, por grupos de edad.

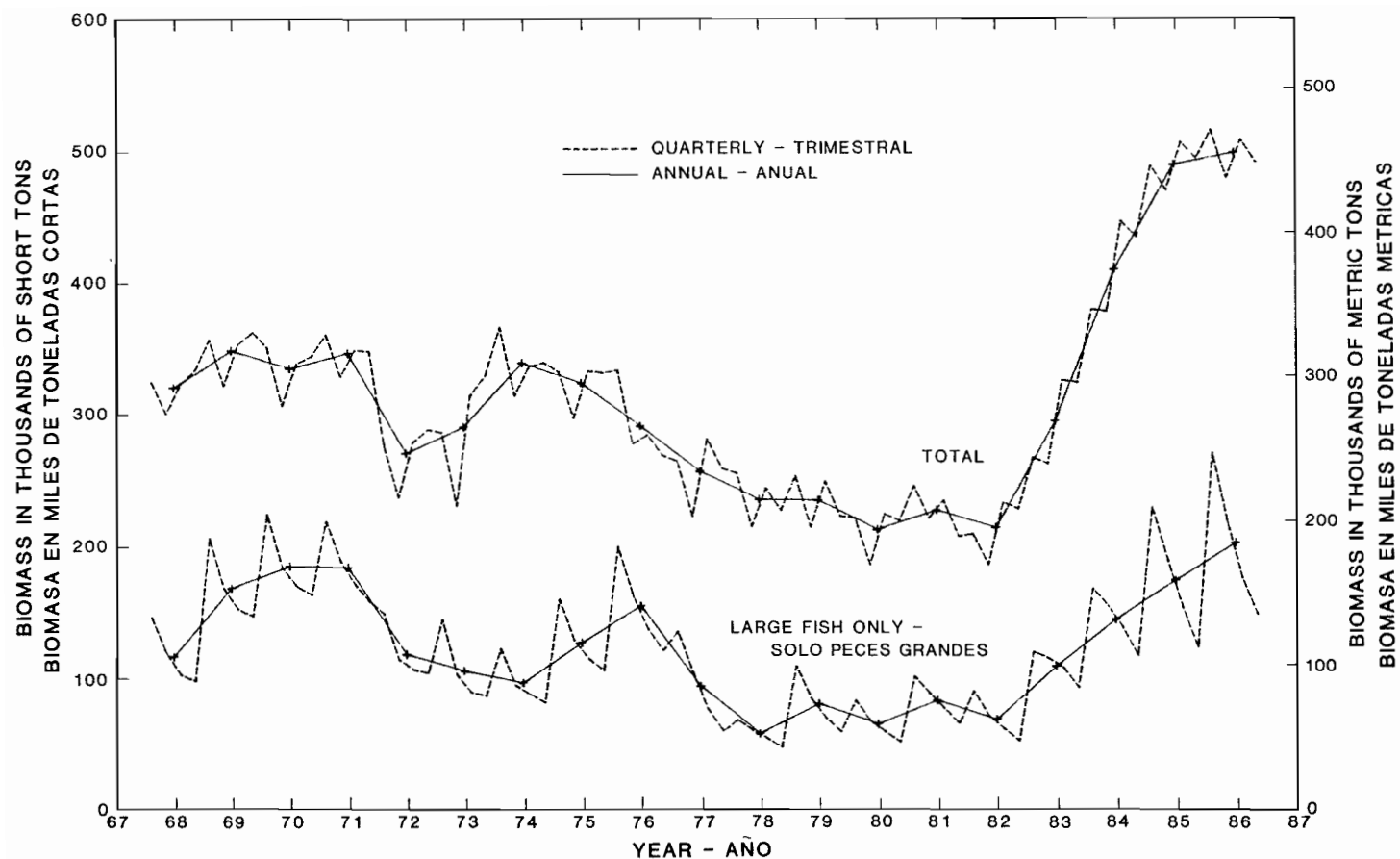
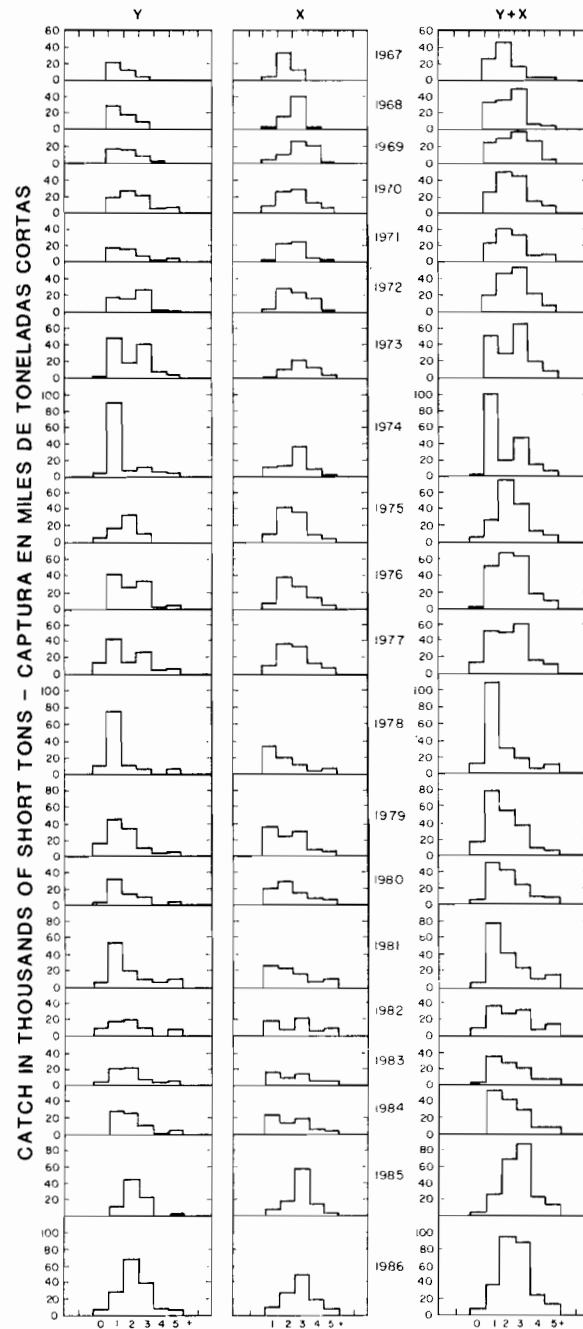


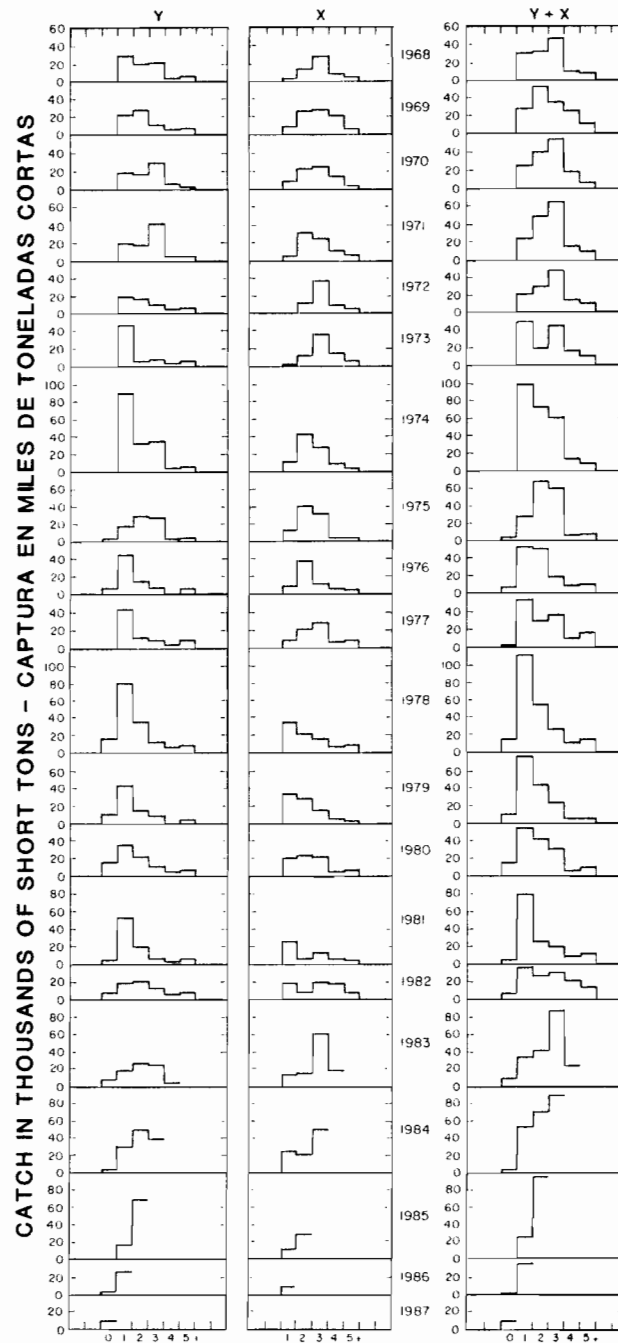
FIGURE 50. Average quarterly and annual biomass estimates of yellowfin in the CYRA for all fish and for larger fish only.

FIGURA 50. Estimaciones del promedio trimestral y anual de la biomasa del aleta amarilla en el ARCAA correspondientes a todos los peces y sólo a los ejemplares más grandes.



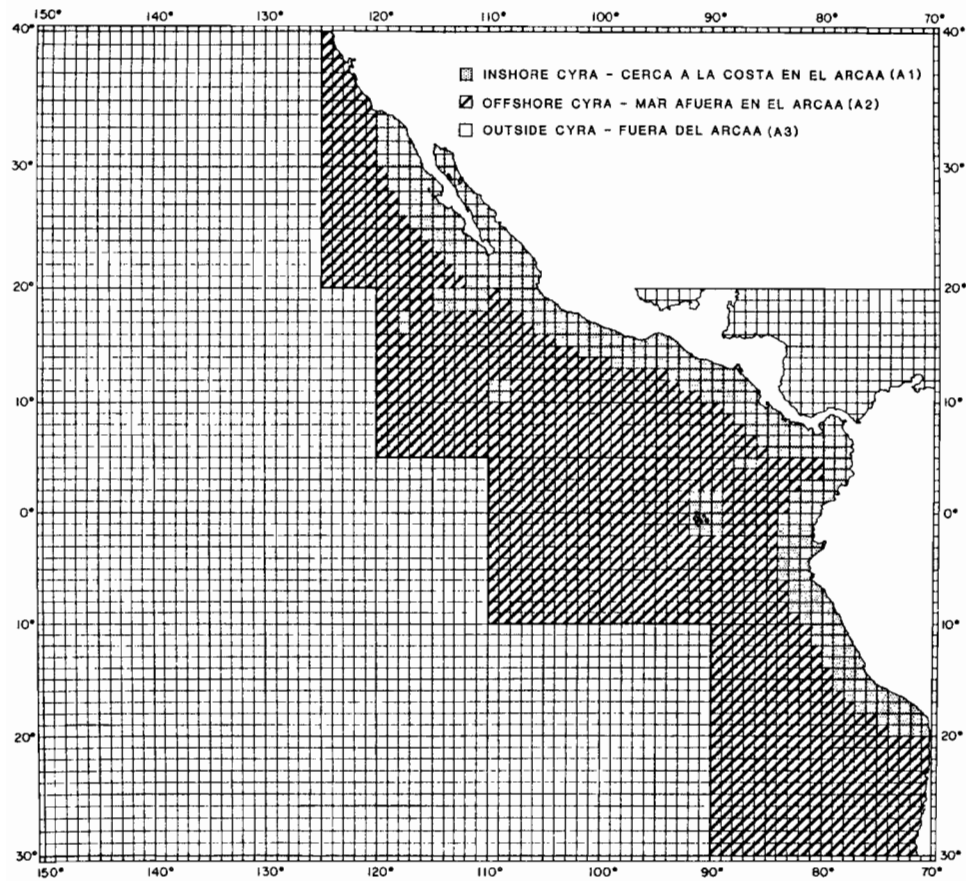
**FIGURE 51.** Estimated catches of yellowfin of ages 1 through 5+ by purse seiners during 1968 through 1986, by X and Y groups.

**FIGURA 51.** Capturas estimadas de los grupos X e Y de aleta amarilla, de 1 a 5+ años de edad, obtenidas por barcos cerqueros en el período 1968-1986.



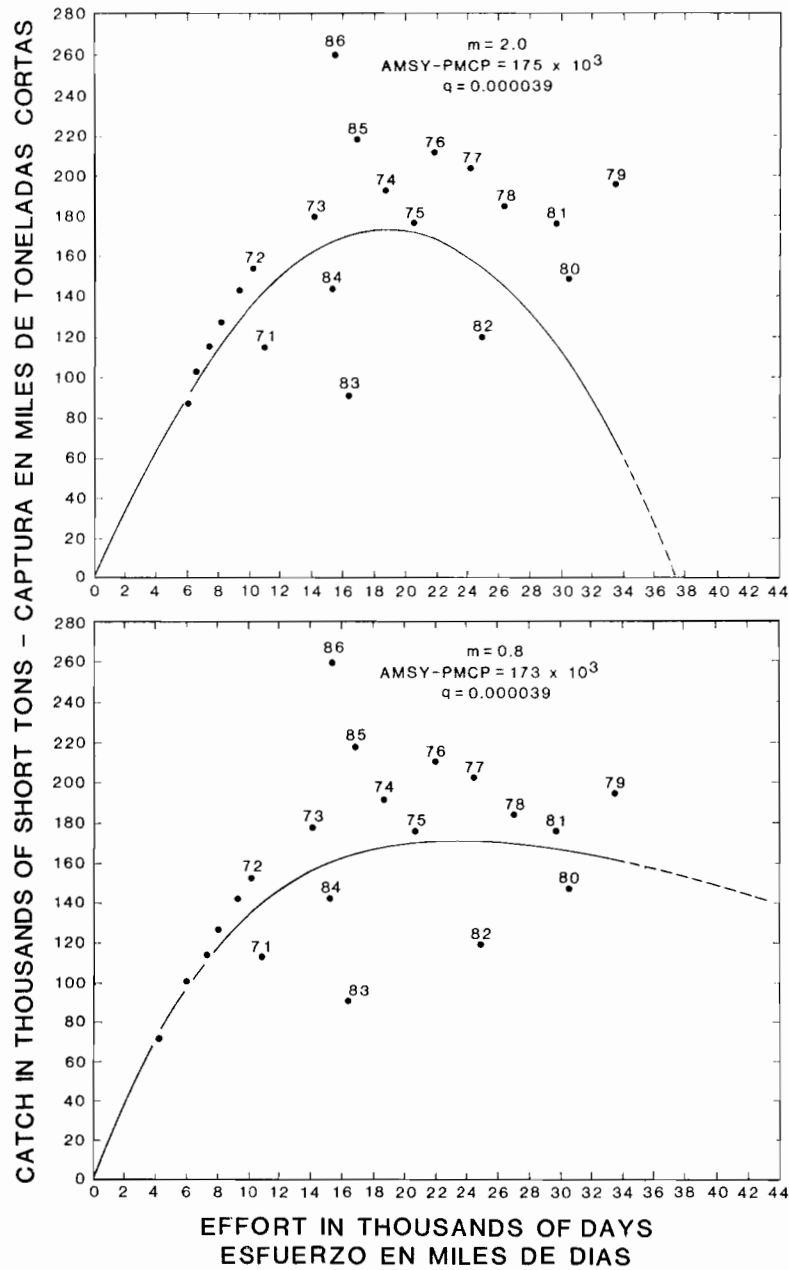
**FIGURE 52.** Estimated catches of yellowfin of the 1968 through 1986 cohorts at ages 1 through 5+ by purse seiners, by X and Y groups.

**FIGURA 52.** Capturas estimadas de los grupos X e Y de aleta amarilla, de las cohortes de 1968 a 1986, de peces de 1 a 5+ años de edad, obtenidas por barcos cerqueros.



**FIGURE 53.** The eastern Pacific Ocean, showing the historical areas of the fishery for yellowfin, A1, the more recently fished areas within the CYRA, A2, and the area outside the CYRA, A3.

**FIGURA 53.** El Océano Pacífico oriental; se indican las zonas históricas de la pesca de aleta amarilla, A1, las zonas de pesca más recientes en el ARCAA, A2, y la zona fuera del ARCAA, A3.



**FIGURE 54.** Relationships between effort and catch for the yellowfin fishery inside the CYRA, 1968-1986, for the logistic (symmetrical) model and the generalized stock production (asymmetrical) model with  $q$  set at 0.000039.

**FIGURA 54.** Relación entre el esfuerzo y la captura en la pesca de aleta amarilla en el ARCAA, 1968-1986, para el modelo logístico (simétrico) y el modelo general de producción del stock (asimétrico) en que  $q$  tiene un valor de 0.000039.

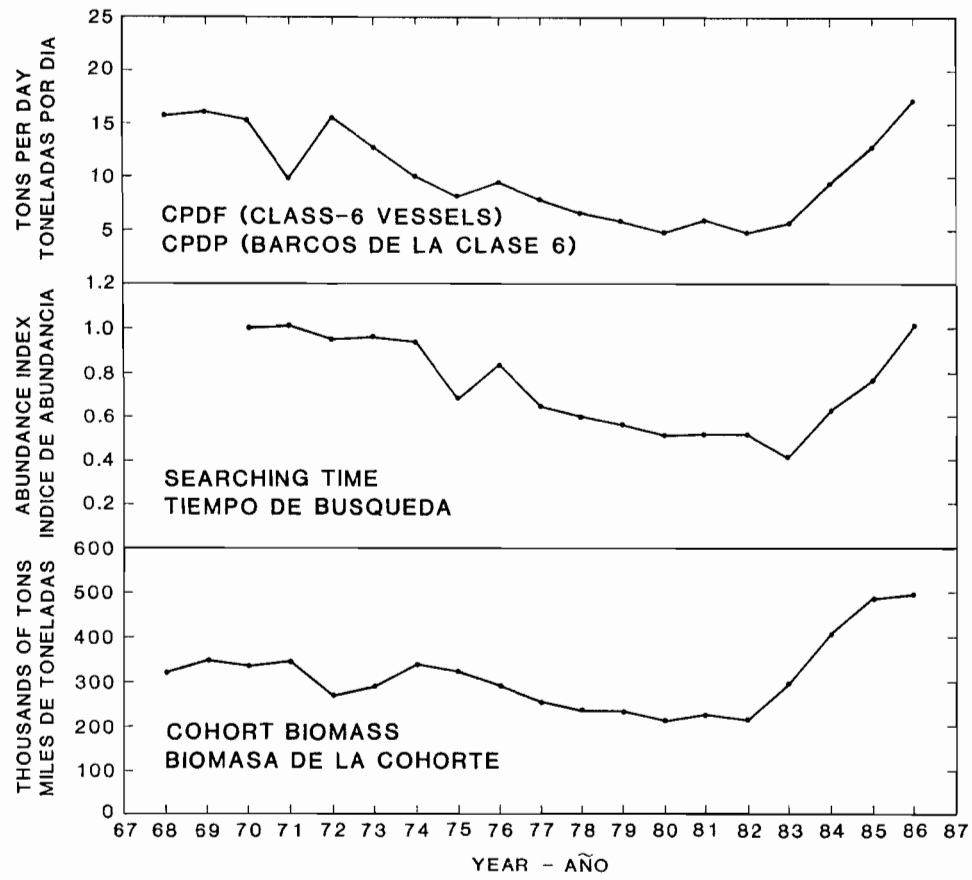
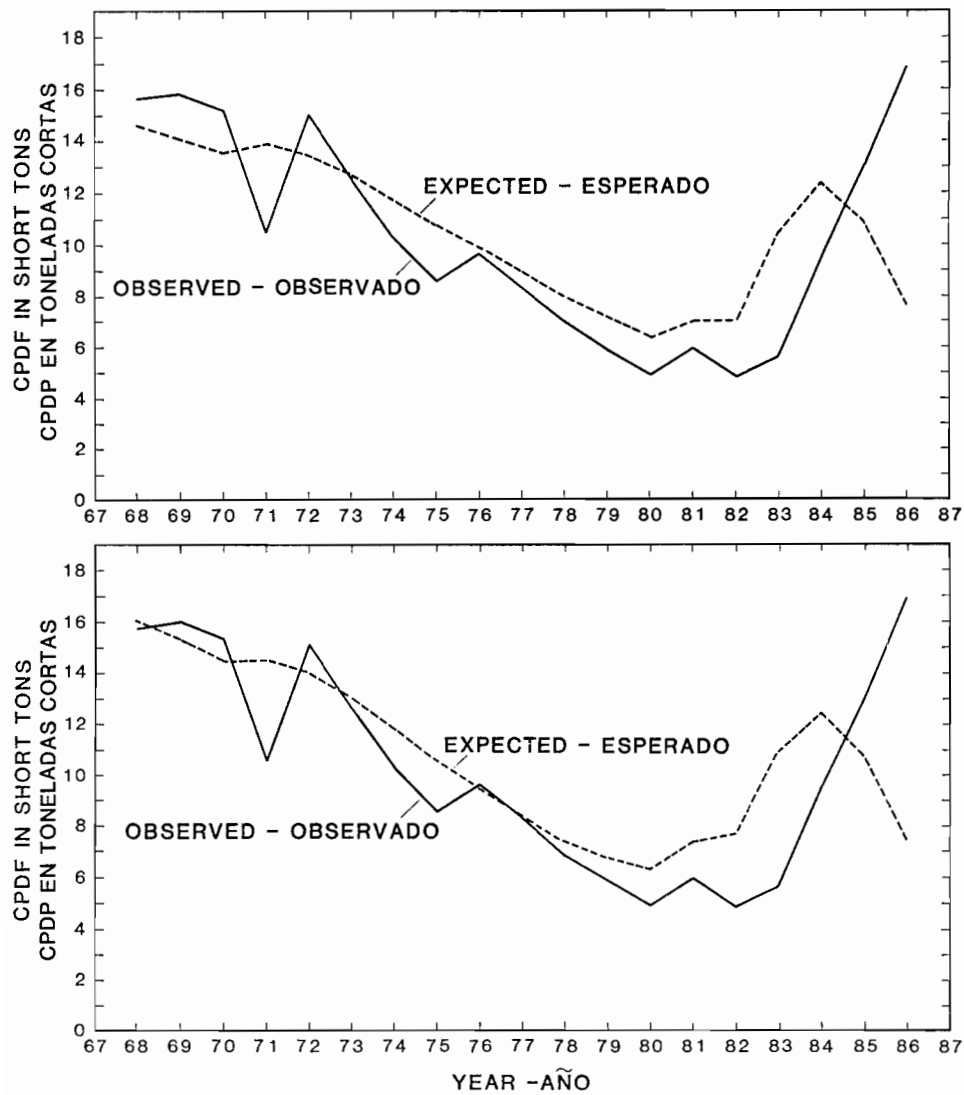


FIGURE 55. Three indices of abundance of yellowfin in the CYRA.

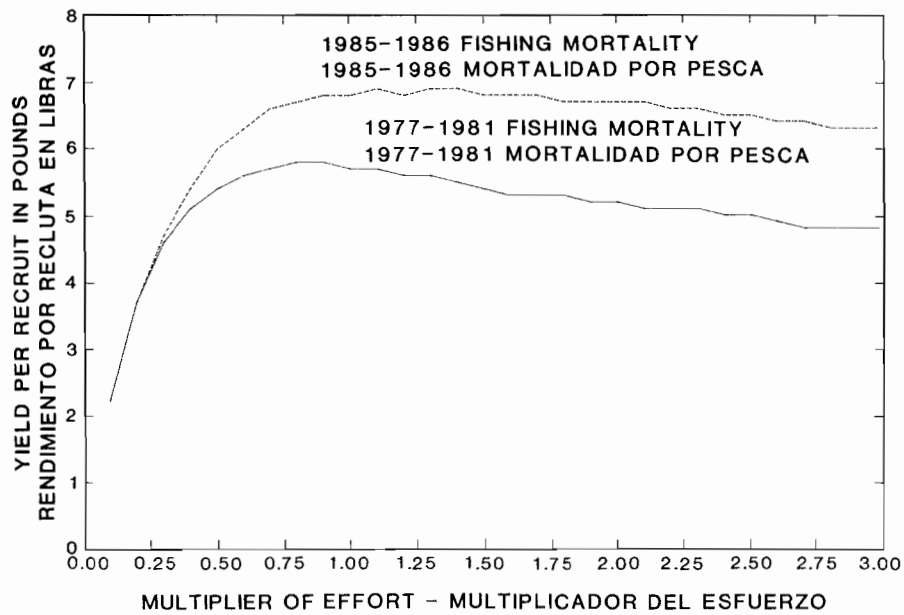
FIGURA 55. Tres índices de la abundancia de aleta amarilla en el ARCAA.





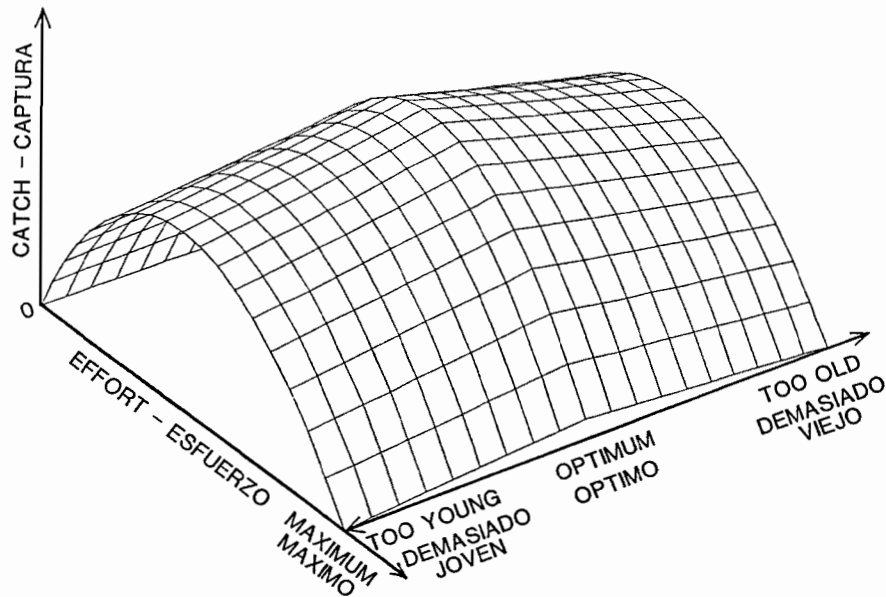
**FIGURE 56.** Observed CPUE of yellowfin in the CYRA and CPUE values predicted from the production model with  $q$  set at 0.000039 and  $m$  set at 2.0 (upper panel) and 0.8 (lower panel).

**FIGURA 56.** CPUE observada de aleta amarilla en el ARCAA y valores pronosticados de la CPUE a partir del modelo de producción, en el cual  $q$  se fijó a 0.000039 y  $m$  se fijó a 2.0 (recuadro superior) y 0.8 (recuadro inferior).



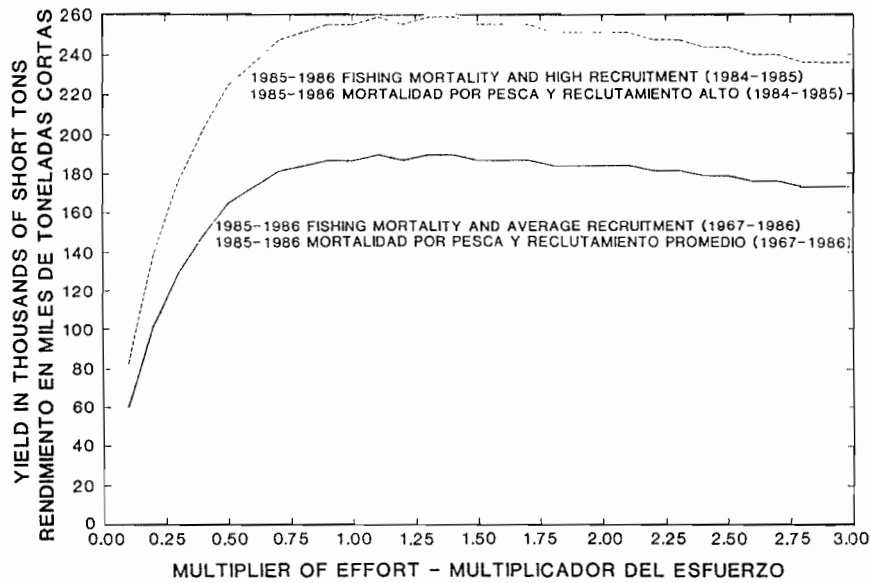
**FIGURE 57.** Yields per recruit for age-specific mortality rates of 1977-1981 and 1985-1986.

**FIGURA 57.** Rendimientos por recluta para los índices de mortalidad específica para cada edad durante 1977-1981 y 1985-1986.



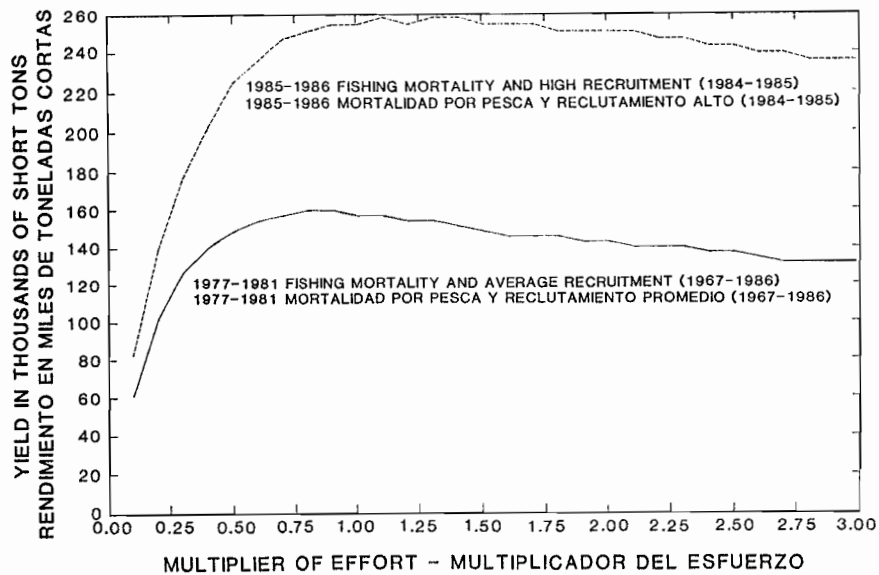
**FIGURE 58.** Three-dimensional representation of the relationships between productivity and fishing effort.

**FIGURA 58.** Representación tridimensional de la relación entre la productividad y el esfuerzo de pesca.



**FIGURE 59.** Yields for high and average recruitments and age-specific fishing mortality similar to that of 1985-1986.

**FIGURA 59.** Rendimientos correspondientes a reclutamientos normales y superiores al promedio, y mortalidad por pesca específica para cada edad similar a la del período 1985-1986.



**FIGURE 60.** Yields for average recruitment and age-specific fishing mortality similar to that of 1977-1981 and for high recruitment and age-specific mortality similar to that of 1985-1986.

**FIGURA 60.** Rendimientos del reclutamiento normal y mortalidad por pesca específica para cada edad similar a la del período 1977-1981 y de reclutamiento elevado y mortalidad específica para cada edad similar a la del período 1985-1986.

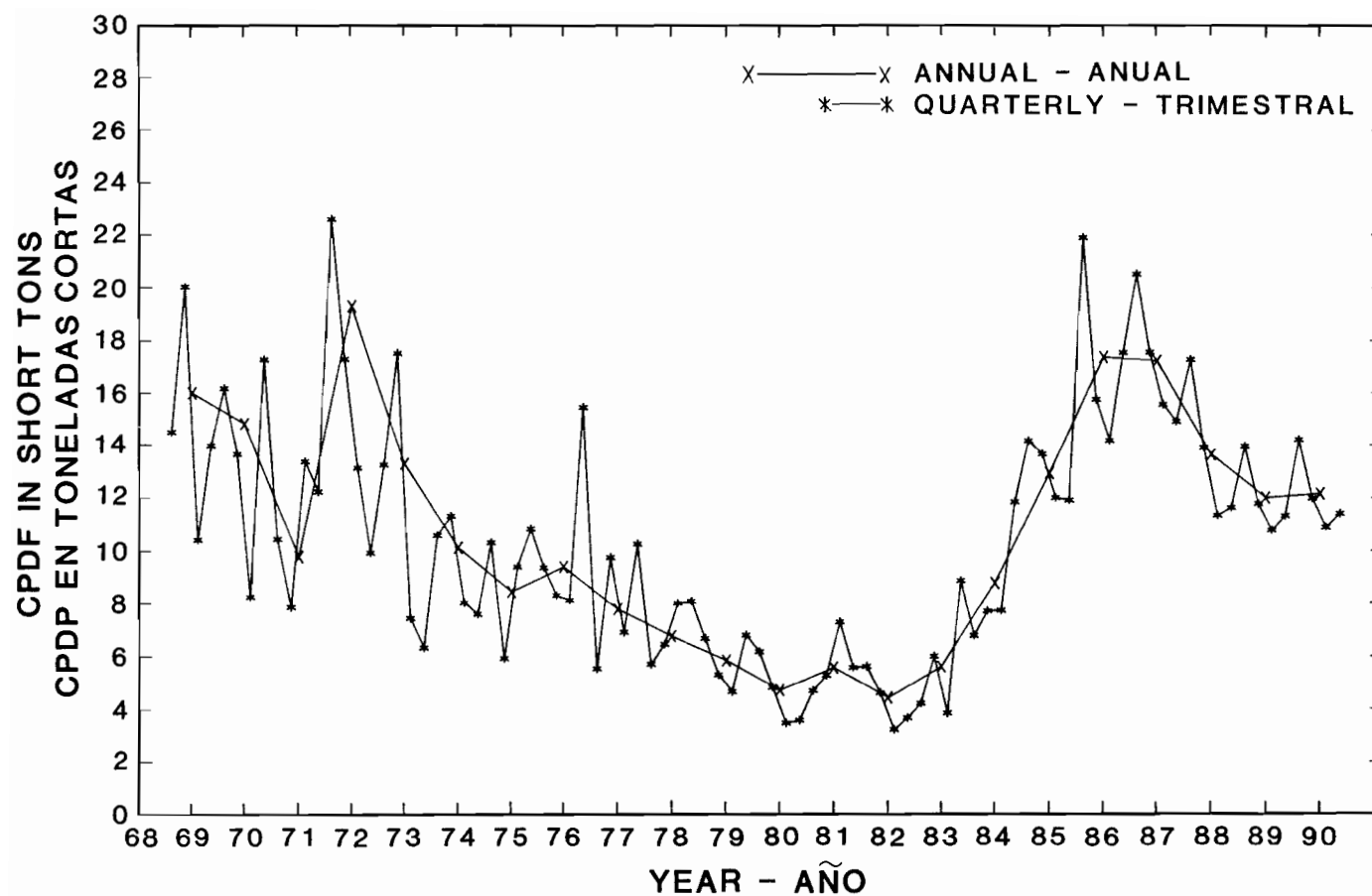
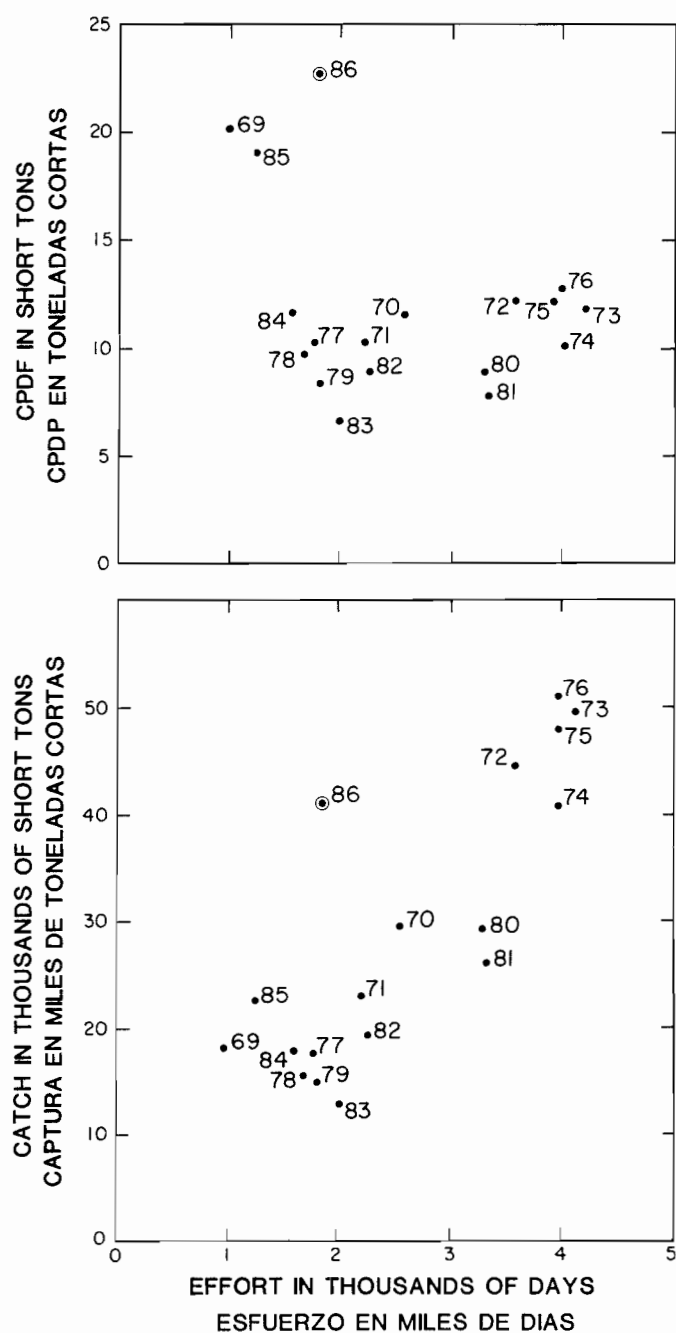


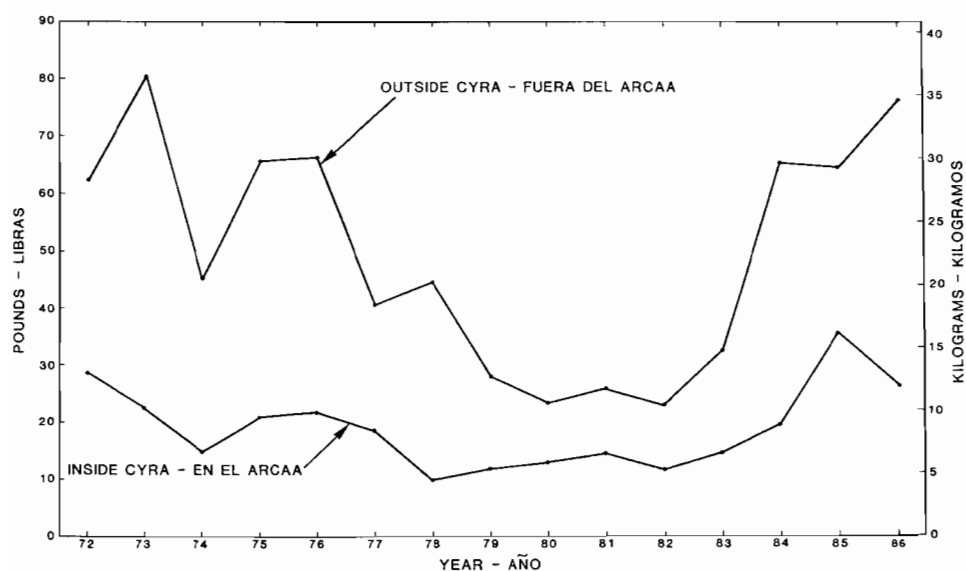
FIGURE 61. Abundance and predicted abundance of yellowfin in the eastern Pacific Ocean.

FIGURA 61. Abundancia observada y abundancia pronosticada de aleta amarilla en el Océano Pacífico oriental.



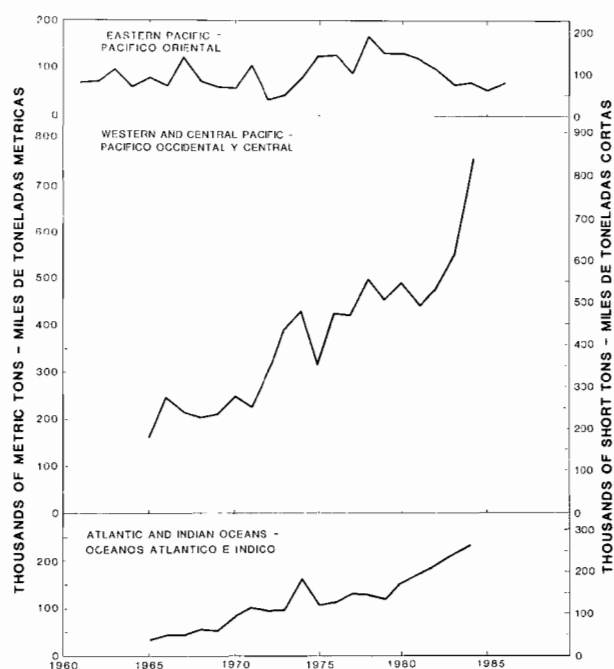
**FIGURE 62.** Relationships between CPDF and effort (upper panel) and between catch and effort (lower panel) for yellowfin in the area outside the CYRA, 1969-1986.

**FIGURA 62.** Relación entre CPDP y esfuerzo (recuadro superior) y entre captura y esfuerzo (recuadro inferior) del aleta amarilla fuera del ARCAA, durante el período 1969-1986.



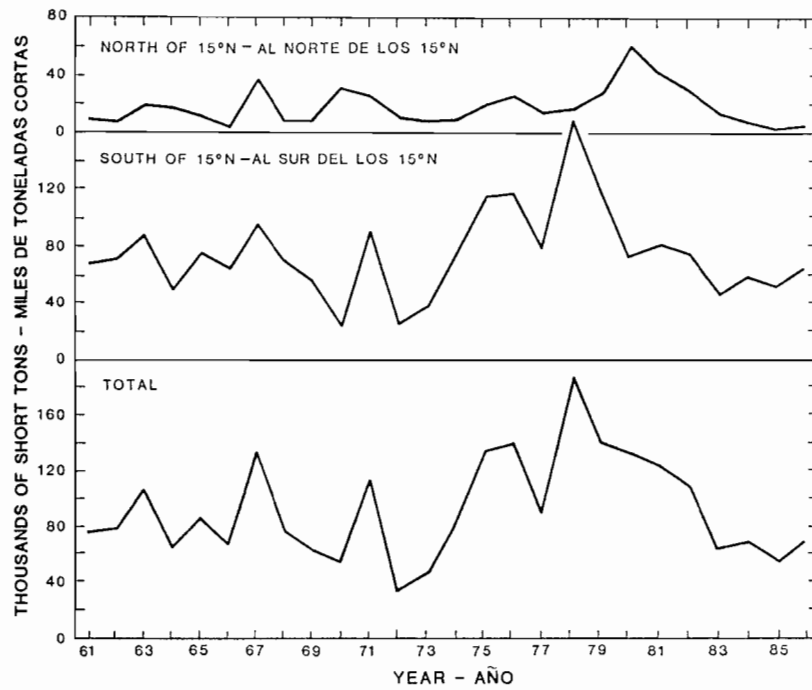
**FIGURE 63.** Average weights of yellowfin caught inside and outside the CYRA.

**FIGURA 63.** Peso promedio del aleta amarilla capturado dentro y fuera del ARCAA.



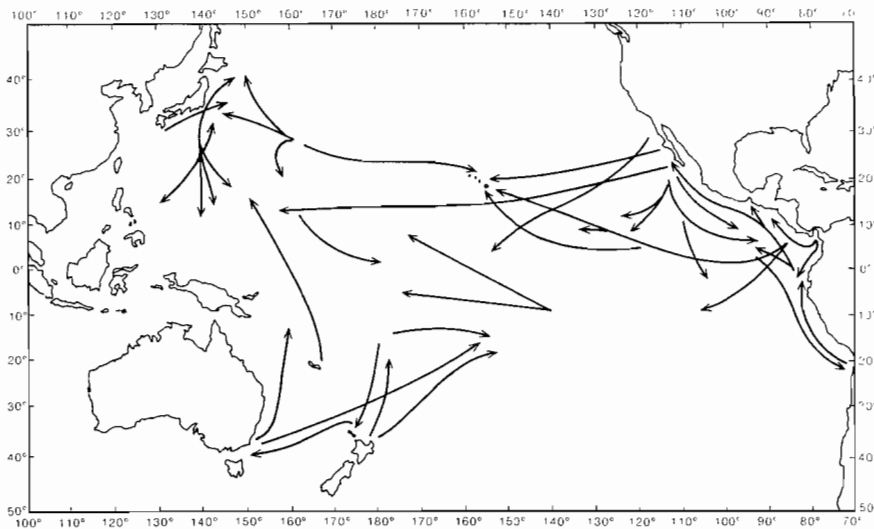
**FIGURE 64.** Catches of skipjack in the eastern Pacific Ocean, central and western Pacific Ocean, and Atlantic and Indian Oceans.

**FIGURA 64.** Capturas de barrilete en el Océano Pacífico oriental, central y occidental, y en los Océano Atlántico e Indico.



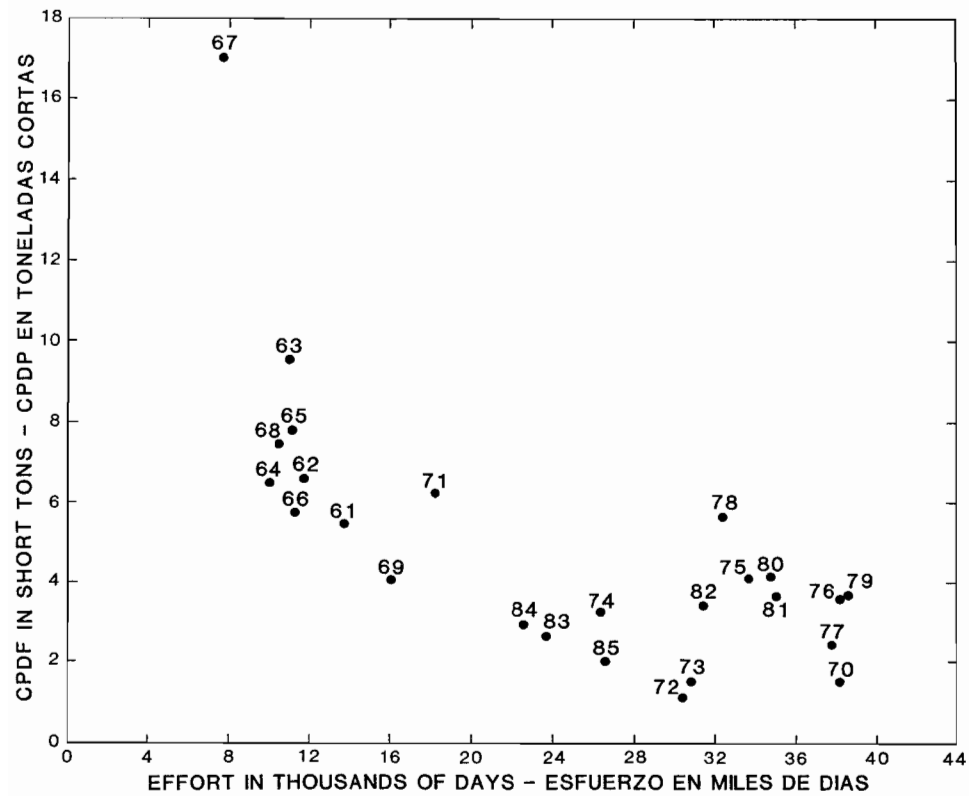
**FIGURE 65.** Estimated catches of skipjack in the eastern Pacific Ocean north and south of 15°N.

**FIGURA 65.** Capturas estimadas de barrilete en el Océano Pacífico oriental, al norte y al sur de 15°N.



**FIGURE 66.** Some long-distance migrations which have been recorded for tagged skipjack in the Pacific Ocean.

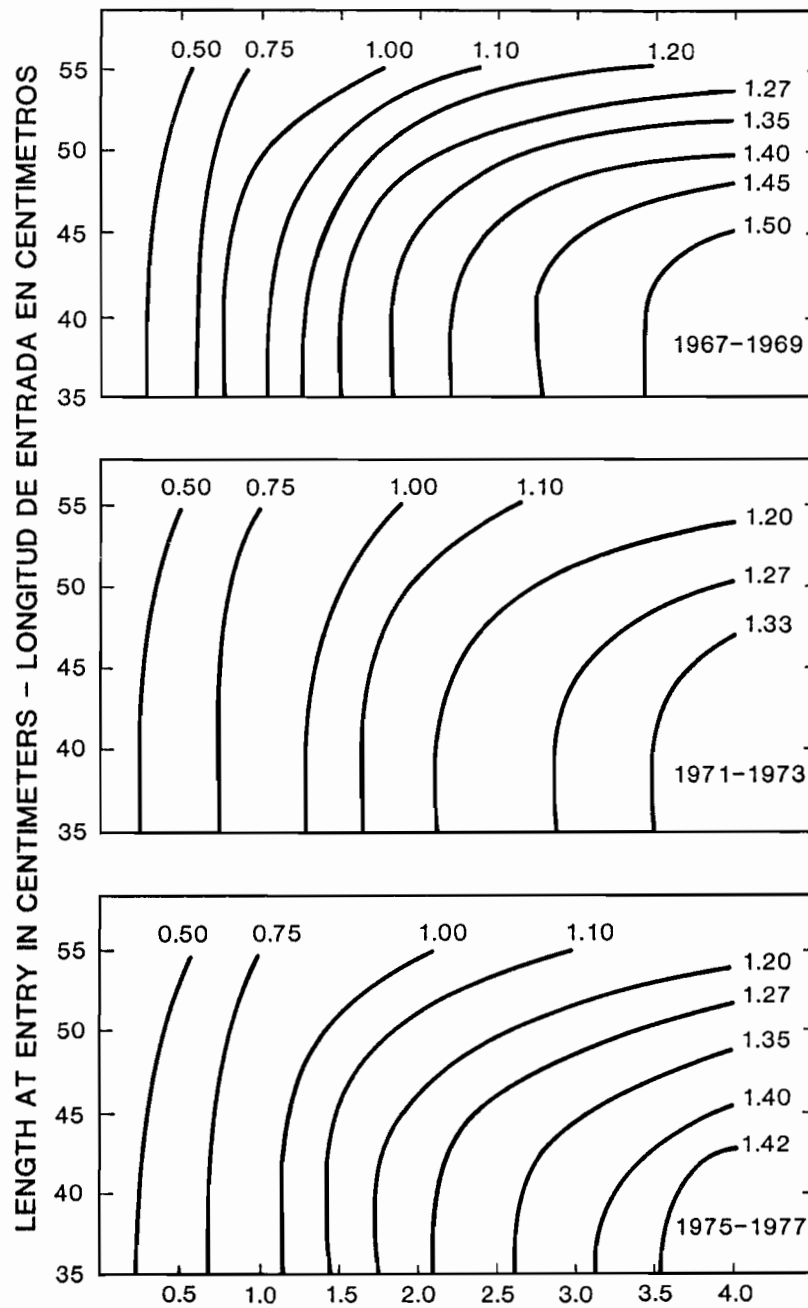
**FIGURA 66.** Anotaciones sobre algunos desplazamientos a grandes distancias de barrilete marcado en el Océano Pacífico.



**FIGURE 67.** Plots of CPDF and effort (unregulated and regulated) for skipjack in the eastern Pacific Ocean, using data for all 5-degree areas.

**FIGURA 67.** Gráficas de la CPUE y del esfuerzo (sin reglamentar y reglamentado) aplicado al barilete en el Océano Pacífico oriental, usando los datos de todas las zonas de 5 grados.

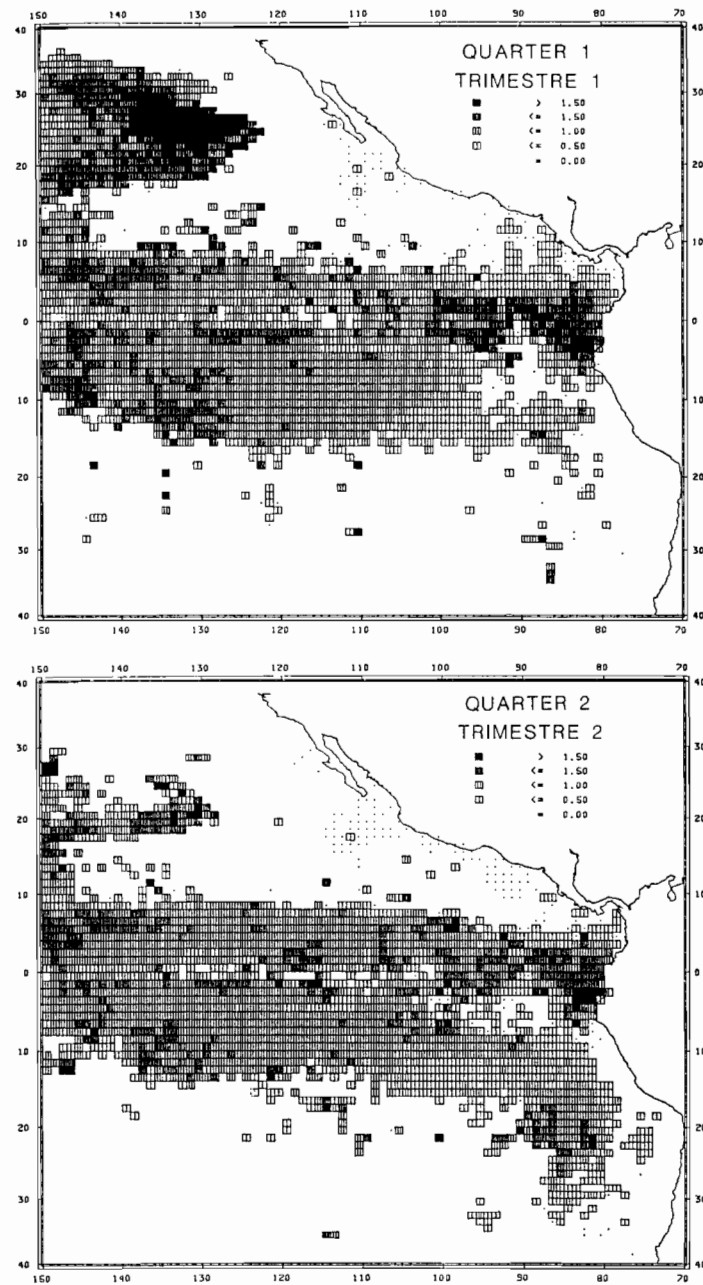




#### MULTIPLIER OF EFFORT - MULTIPLICADOR DEL ESFUERZO

**FIGURE 68.** Relationships among size at entry, fishing effort, and yield per recruit for skipjack.

**FIGURA 68.** Relaciones entre la talla de entrada del barrilete, el esfuerzo de pesca y el rendimiento por recluta.



**FIGURE 69.** Average quarterly distributions of hook rates (numbers of fish per 100 hooks) of bigeye by longline vessels in the eastern Pacific for the 1971-1980 period.

**FIGURA 69.** Distribución trimestral de los índices de captura media por anzuelo (número de peces por cada 100 anzuelos) de patudo capturado por barcos palangreros en el Pacífico oriental, en el período 1971-1980.

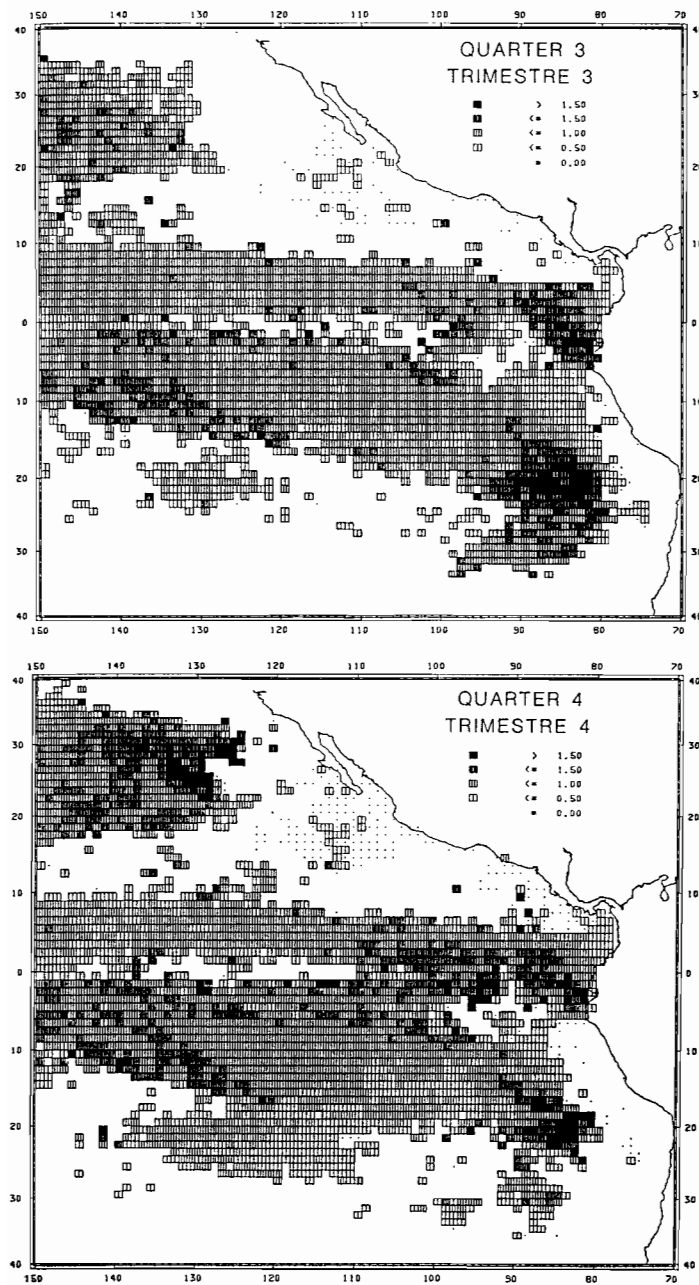
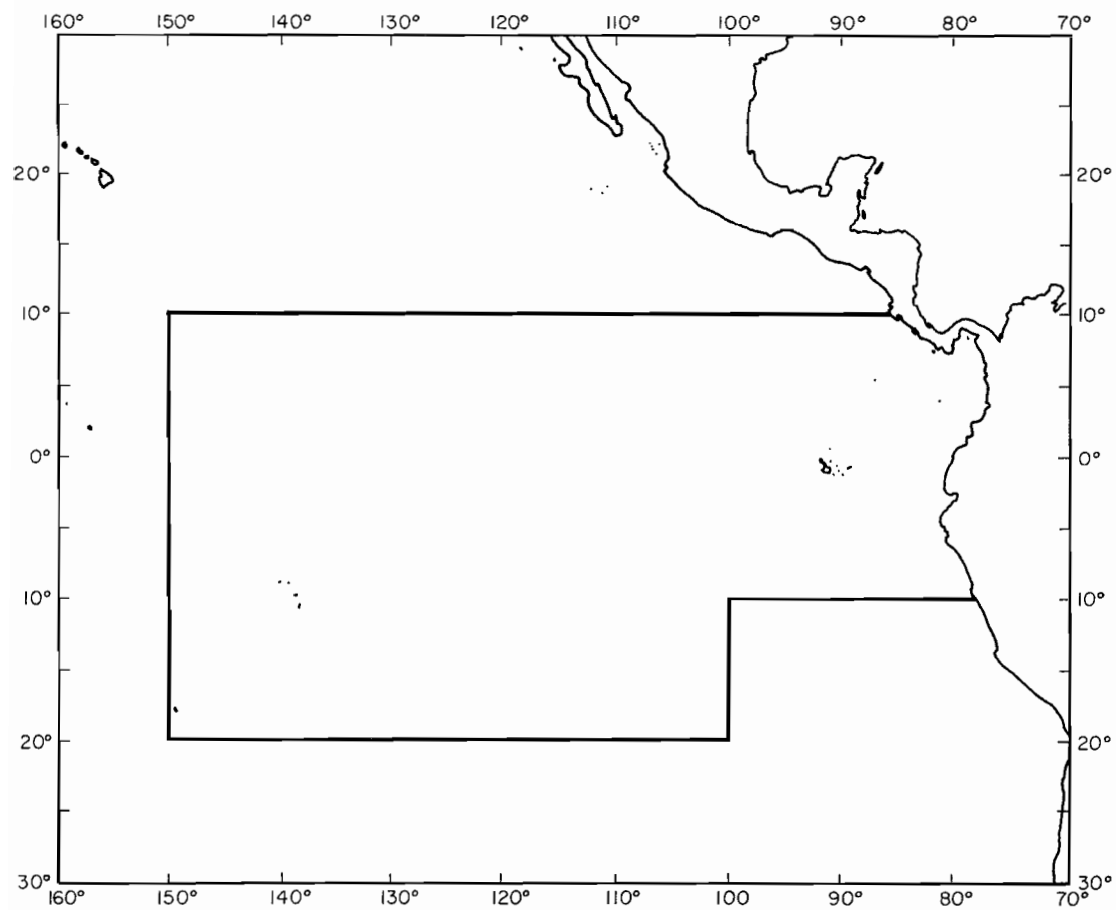
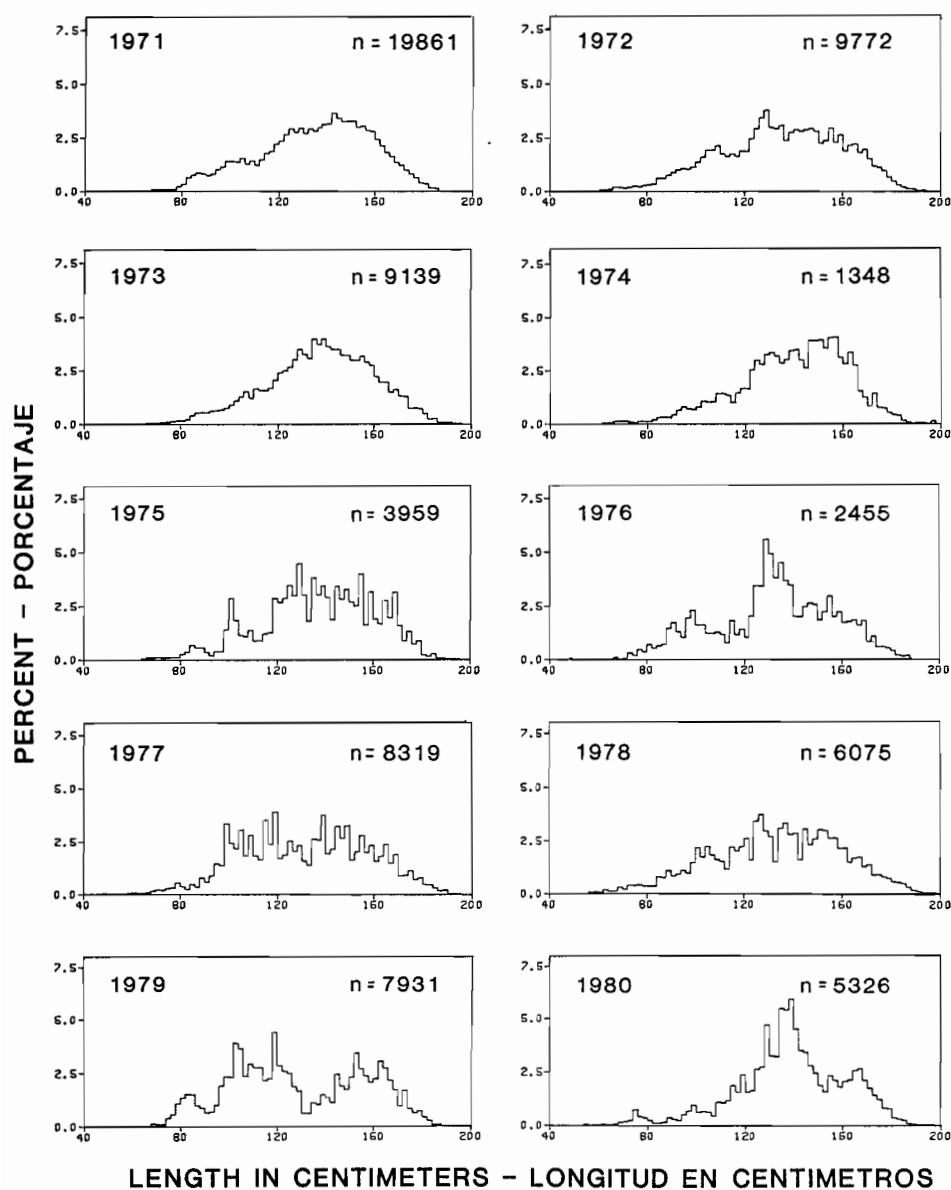


FIGURE 69. (continued)  
FIGURA 69. (continuación)



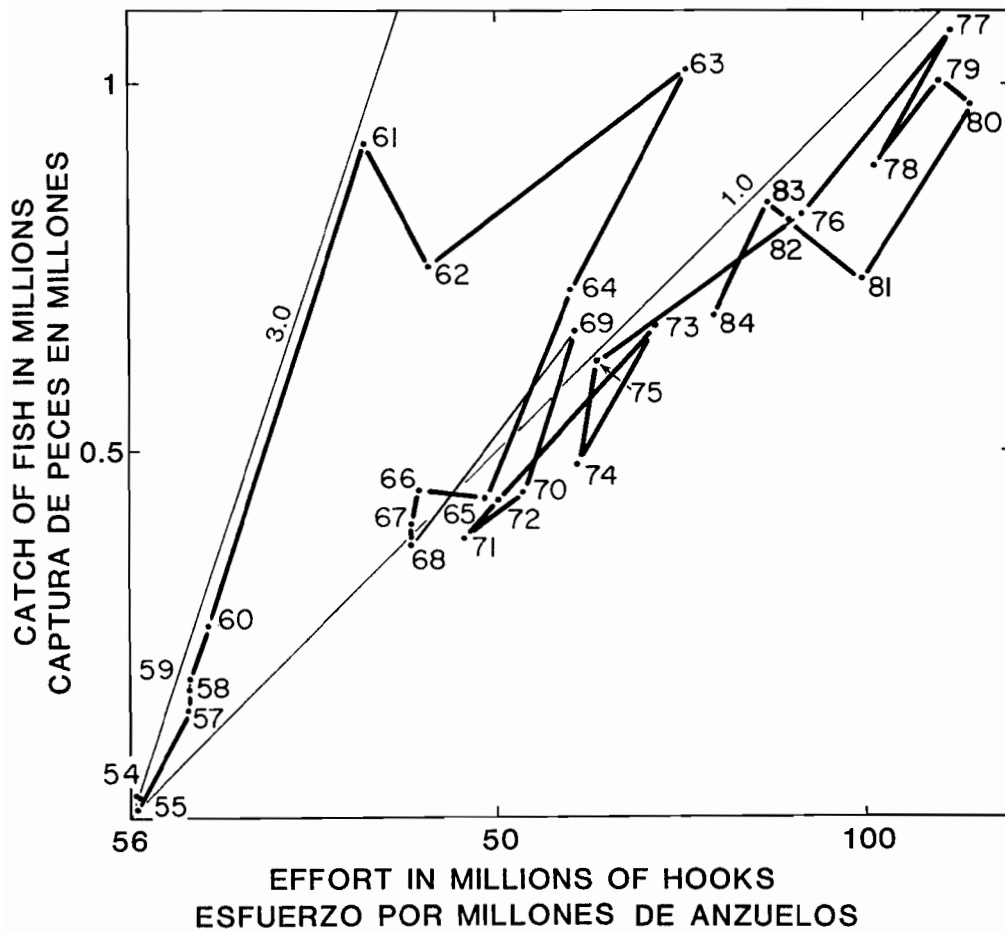
**FIGURE 70.** Area from which the data used for Figures 71 and 72 were collected.

**FIGURA 70.** Zonas en las que se recolectaron los datos usados en las Figuras 71 y 72.



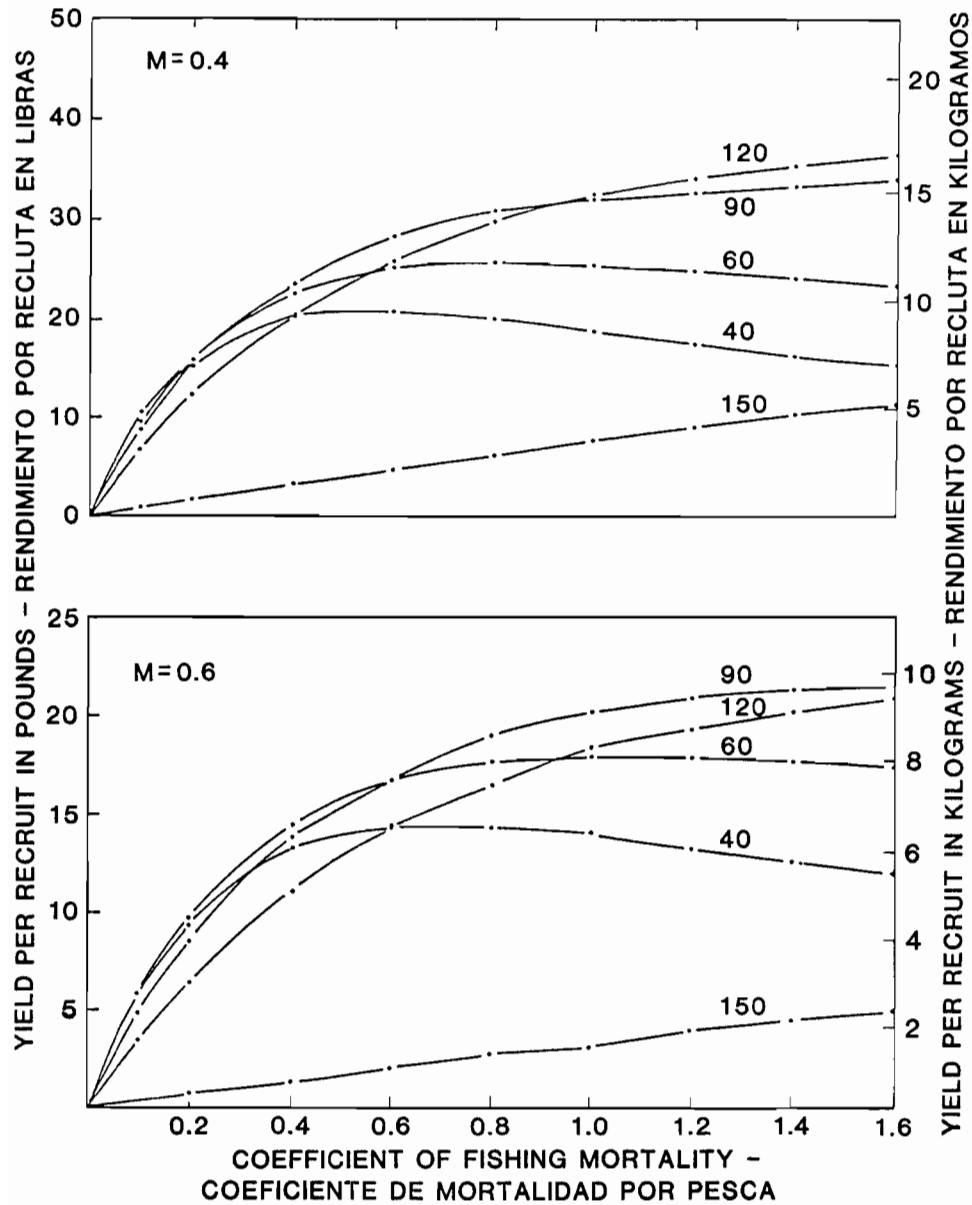
**FIGURE 71.** Annual length-frequency distributions of bigeye caught by longliners in the area delineated in Figure 70 during 1971-1980.

**FIGURA 71.** Distribución anual de la frecuencia de talla de patudo capturado por palangreros en la zona descrita en la Figura 70 durante el período 1971-1980.



**FIGURE 72.** Relationship between estimated longline catch and effort for bigeye in the portion of the eastern Pacific Ocean delineated in Figure 70 for the 1954-1984 period. The fine lines denote CPUEs in numbers of fish per 100 hooks.

**FIGURA 72.** Relación entre la estimación del esfuerzo palangrero y la captura de patudo en la zona del Océano Pacífico oriental descrita en la Figura 70 durante el período 1954-1984. Las líneas finas indican la CPUE en número de peces por cada 100 anzuelos.



**FIGURE 73.** Estimated yields per recruit of bigeye with various combinations of fishing effort and lengths at entry for annual natural mortality rates of 0.4, 0.6, 0.8, and 1.0.

**FIGURA 73.** Estimación de rendimientos por recluta de patudo con varias combinaciones del esfuerzo de pesca y tallas de entrada para los índices de mortalidad natural de 0.4, 0.6, 0.8 y 1.0.

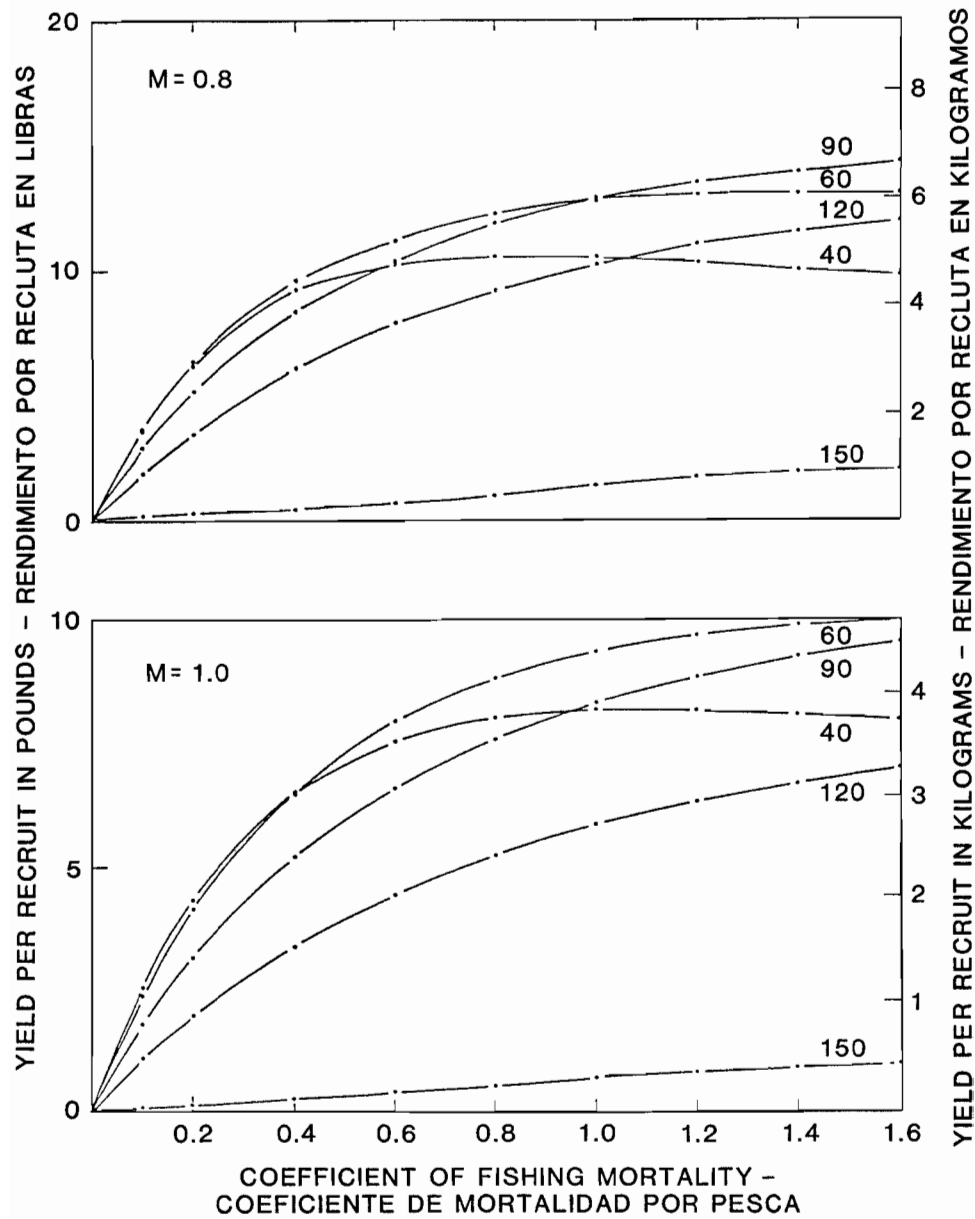
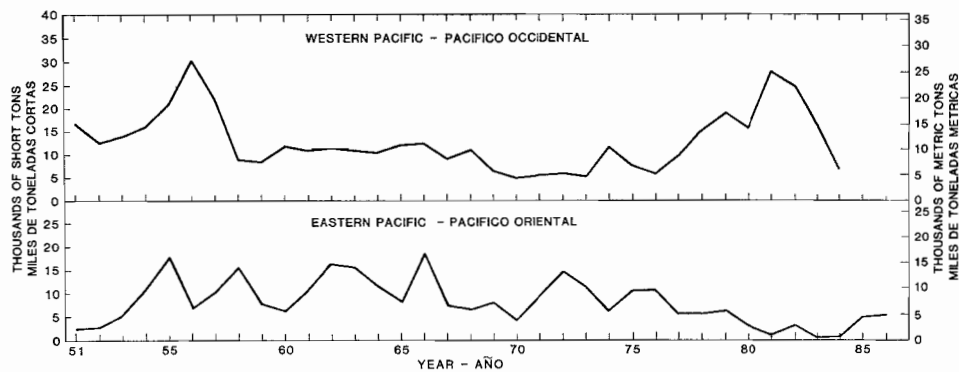


FIGURE 73. (continued)

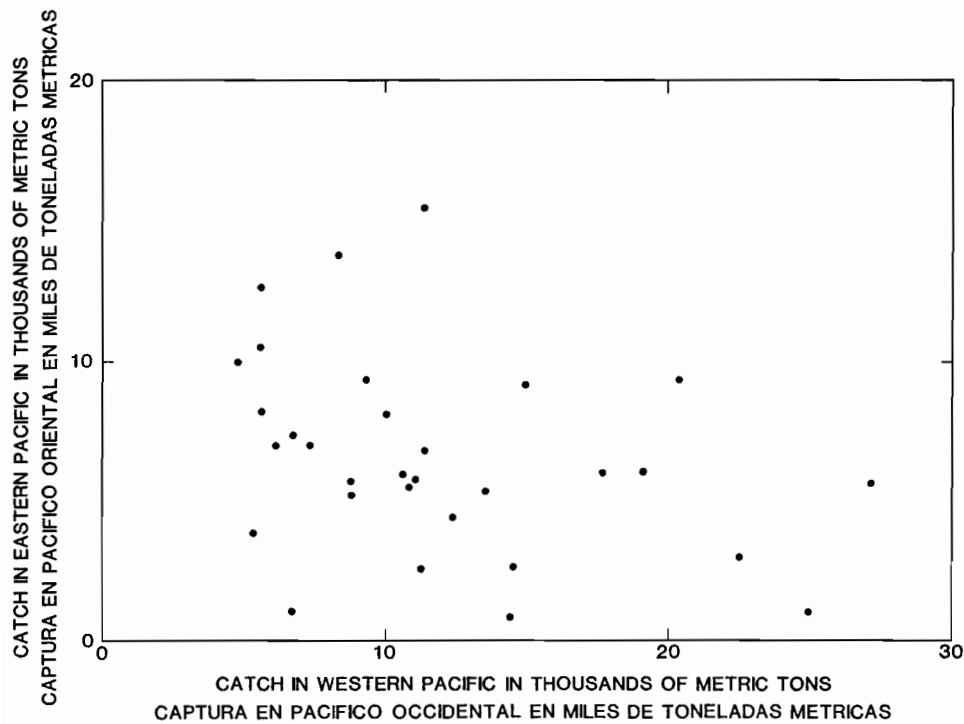
FIGURA 73. (continuación)





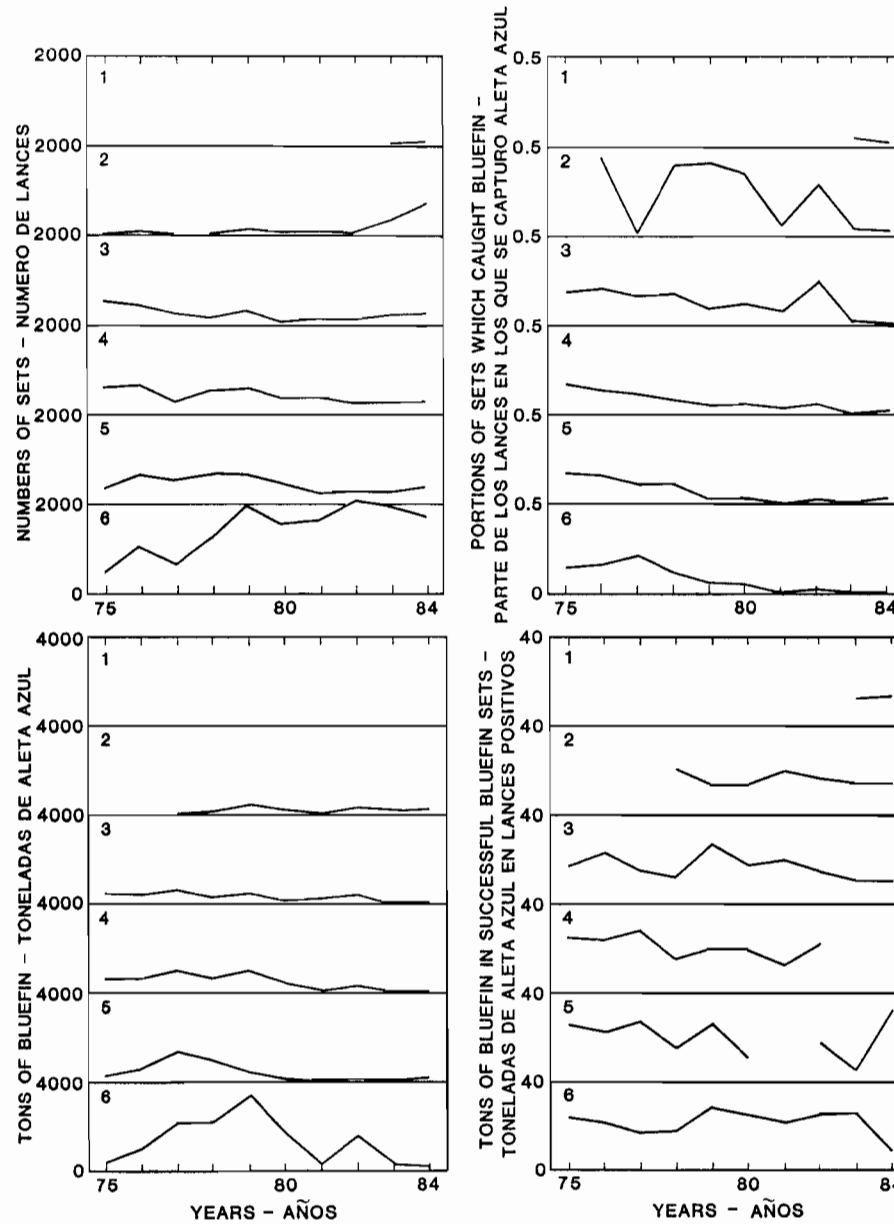
**FIGURE 74.** Annual catches of bluefin, in short tons, in the Pacific Ocean.

**FIGURA 74.** Capturas anuales de atún aleta azul en el Océano Pacífico, en toneladas cortas.



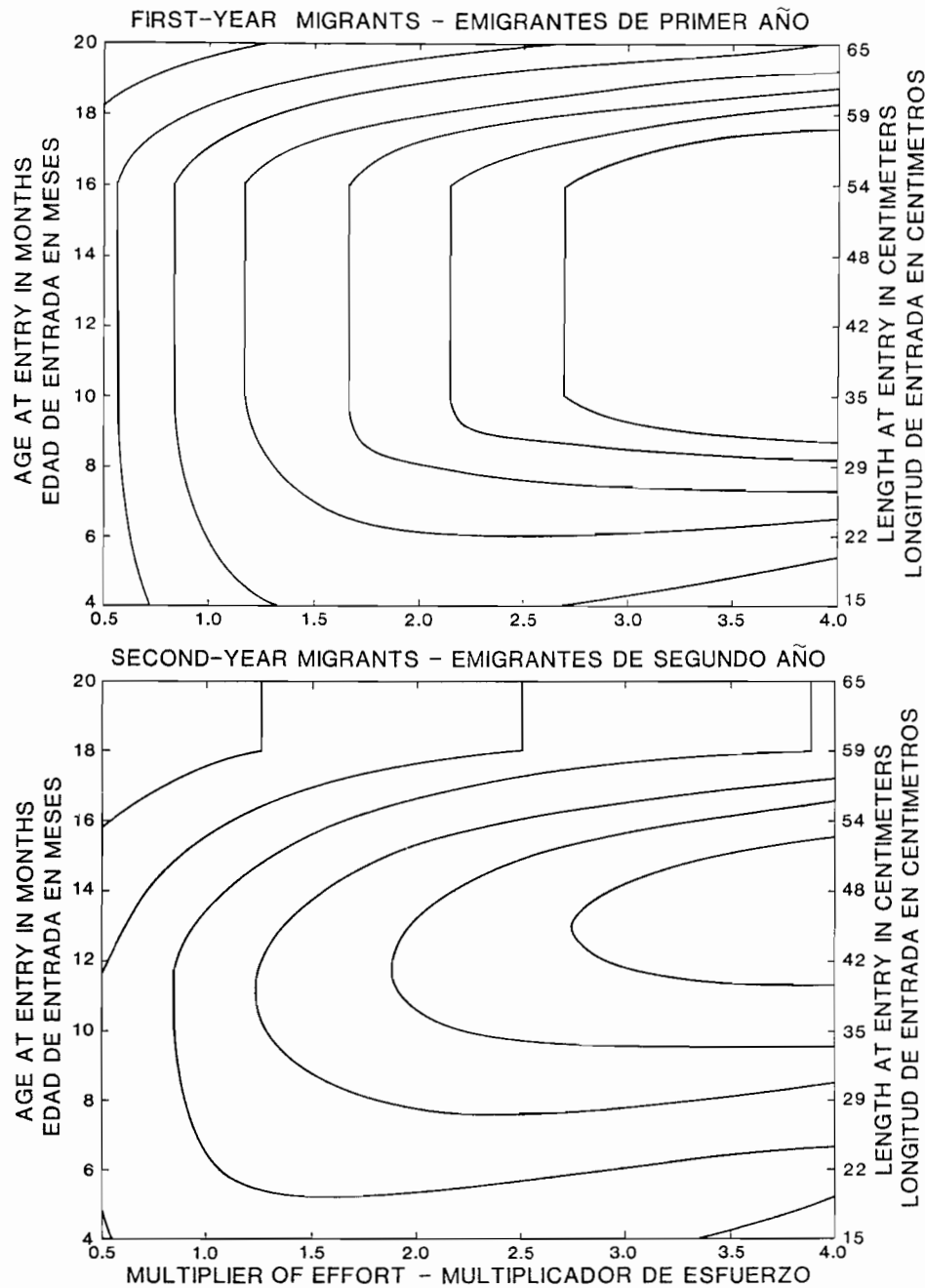
**FIGURE 75.** Relationship between catches of bluefin in the eastern and western Pacific Ocean in the same year.

**FIGURA 75.** Relación entre las capturas de atún aleta azul en el Océano Pacífico oriental y occidental en el mismo año.



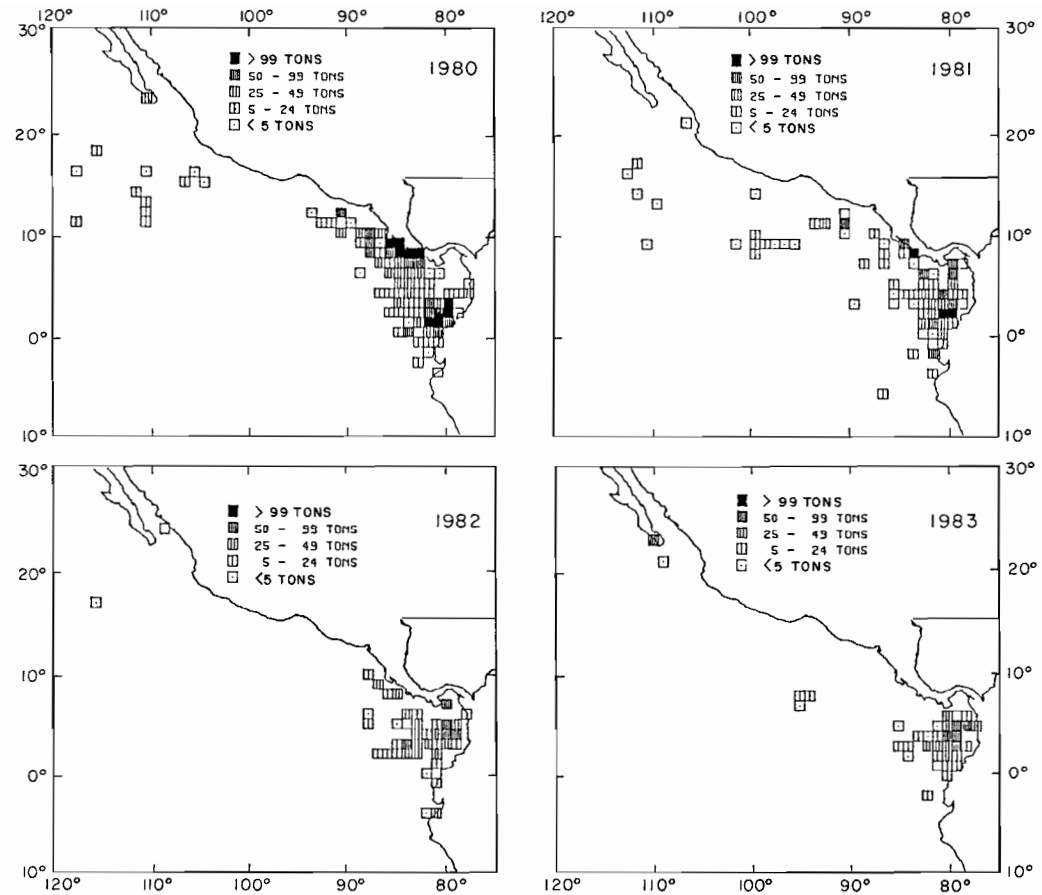
**FIGURE 76.** Trends in numbers of purse-seine sets in bluefin area-time strata in the eastern Pacific Ocean, portions of those sets which caught bluefin, tons of bluefin caught in those sets, and tons of bluefin caught per successful set. The numbers in the upper left corners of the panels indicate the vessel size classes.

**FIGURA 76.** Tendencias del número de lances cerqueros sobre atún aleta azul en estratos de zona y tiempo en el Océano Pacífico oriental, proporción de lances en que se capturó atún aleta azul, toneladas capturadas de aleta azul en esos lances y toneladas capturadas de aleta azul en lances positivos. Las cifras en el extremo superior izquierdo de los recuadros indican la clase de arqueo de los barcos.



**FIGURE 77.** Yield-per-recruit isopleths for northern bluefin, based on the data in Table 33. The vertical portions of the isopleths are caused by the lack of fishing effort during these periods.

**FIGURA 77.** Isolíneas de rendimiento por recluta de atún aleta azul, basadas en los datos de la Tabla 33. Los segmentos verticales de las isolíneas son debidas a la falta de esfuerzo de pesca en esos periodos.



**FIGURE 78.** Logged purse-seine catches of black skipjack in the eastern Pacific Ocean during 1980-1983.

**FIGURA 78.** Capturas registradas de barrilete negro logradas por cerqueros en el Océano Pacífico oriental en 1980-1983.

**TABLE 1.** Catches, in short tons, by the eastern Pacific tuna fleet. The abbreviations used in the table are as follows: YFT, yellowfin; SKJ, skipjack; BET, bigeye; BFT, bluefin; BEP, bonito; ALB, albacore; BKJ, black skipjack; MISC, other species including sharks, other tunas, and miscellaneous fishes; CYRA, Commission's Yellowfin Regulatory Area; outside, area between the CYRA and 150°. The 1986 data are preliminary. Additional information concerning this table is given in the text.

**TABLA 1.** Capturas, en toneladas cortas, hechas por la flota atunera del Pacífico oriental. En la tabla se usan las siguientes abreviaturas: YFT: aleta amarilla; SKJ: barrilete; BET: patudo; BFT: atún aleta azul; BEP: bonito; ALB: albacora; BKJ: barrilete negro; MISC: otras especies, incluyendo tiburones, otros túnidos y peces diversos; ARCAA: Área de Regulación de la Comisión para el aleta amarilla; exterior, área entre el ARCAA y 150°. Los datos de 1986 son preliminares. En el texto del documento se ofrece mayor información sobre ésta tabla.

Year Año	CYRA ARCAA			Outside Exterior			Pacific Ocean east of 150°W Océano Pacífico al este de 150°W									Total
	YFT	SKJ	BET	YFT	SKJ	BET	YFT	SKJ	BET	BFT	BEP	ALB	BKJ	MISC		
1961	115,682	75,468	235	0	0	0	115,682	75,468	235	8,968	3,205	2,670	0	236	206,464	
1962	87,158	78,256	362	0	0	0	87,158	78,256	362	12,421	3,576	1,292	0	193	183,258	
1963	72,136	105,333	83	0	0	0	72,136	105,333	83	13,527	3,442	3,773	0	265	198,559	
1964	101,390	65,322	75	0	0	0	101,390	65,322	75	10,161	7,387	3,672	5	248	188,260	
1965	90,161	86,185	130	0	0	0	90,161	86,185	130	7,592	4,464	710	18	171	189,431	
1966	91,513	66,669	294	0	0	0	91,513	66,669	294	17,523	4,911	2,140	10	465	183,525	
1967	90,116	132,999	1,834	0	0	0	90,116	132,999	1,834	6,491	11,072	4,133	0	127	246,772	
1968	114,500	78,331	2,821	1,207	3	0	115,707	78,334	2,821	6,587	8,772	4,955	0	138	217,314	
1969	126,898	64,129	607	19,217	980	28	146,115	65,109	635	7,635	3,252	3,246	0	1	225,993	
1970	142,425	55,294	1,460	30,680	6,458	9	173,105	61,752	1,469	4,372	5,223	4,935	0	29	250,885	
1971	113,886	114,429	2,830	22,758	1,005	0	136,644	115,434	2,830	9,020	10,580	2,761	6	70	277,345	
1972	152,900	35,579	2,467	44,768	1,248	0	197,668	36,827	2,467	14,713	9,781	5,327	663	404	267,850	
1973	177,988	47,006	2,160	49,506	1,444	21	227,494	48,450	2,181	11,844	8,670	2,553	1,845	391	303,428	
1974	191,597	84,072	960	40,988	2,776	20	232,585	86,848	980	6,191	4,889	5,272	4,125	1,086	341,976	
1975	176,042	134,368	3,997	47,730	2,175	108	223,772	136,543	4,105	10,564	18,561	3,673	562	305	398,085	
1976	210,471	137,993	11,228	50,829	1,076	0	261,300	139,069	11,228	11,734	4,817	4,093	1,681	1,287	435,209	
1977	202,410	92,901	7,741	17,792	2,273	37	220,202	95,174	7,778	6,034	12,428	2,164	1,608	2,149	347,537	
1978	184,032	184,092	12,678	16,037	3,045	241	200,069	187,137	12,919	5,950	5,331	1,923	2,384	888	416,601	
1979	194,966	142,473	8,169	15,176	3,058	133	210,142	145,531	8,302	6,737	1,989	361	1,509	1,376	375,947	
1980	147,381	124,216	16,589	29,639	19,850	409	177,020	144,066	16,998	3,239	6,735	661	4,058	1,051	353,828	
1981	174,695	123,796	10,879	26,542	8,052	247	201,237	131,848	11,126	1,201	6,523	830	2,108	1,113	355,986	
1982	118,723	105,669	4,316	20,080	3,110	206	138,803	108,779	4,522	3,472	2,338	610	1,475	862	260,861	
1983	91,300	55,352	3,412	13,479	8,663	181	104,779	64,015	3,593	822	3,822	249	1,363	1,884	180,527	
1984	142,268	64,550	6,425	18,186	2,143	29	160,454	66,693	6,454	906	2,515	5,754	728	1,086	244,590	
1985	217,033	54,268	4,970	23,367	411	29	240,400	54,679	4,999	4,392	3,249	893	325	591	309,528	
1986	253,150	69,500	2,210	42,650	250	0	295,800	69,750	2,210	5,400	400	150	670	1,125	375,505	

TABLE 1. (continued)  
TABLA 1. (continuación)

Year Año	Western Pacific Pacífico occidental			Atlantic and Caribbean Atlántico y Caribe				Total, all areas and species Total, todas las áreas y especies
	YFT	SKJ	MISC	YFT	SKJ	BET	MISC	
1961	0	0	0	14	111	0	0	206,589
1962	0	0	0	0	0	0	0	183,258
1963	0	0	0	14	1,827	0	2,985	203,385
1964	0	0	0	0	4,361	0	3,159	195,780
1965	0	0	0	50	173	0	1,390	191,044
1966	0	0	0	0	4	0	124	183,653
1967	0	0	0	1,252	542	0	858	249,424
1968	0	0	0	7,371	4,213	17	0	228,915
1969	0	0	0	20,243	5,202	163	0	251,601
1970	0	227	0	10,321	13,094	215	1,790	276,532
1971	0	4	0	4,595	20,156	649	1,820	304,569
1972	0	0	0	14,160	14,797	234	1,094	298,135
1973	0	0	0	4,247	25,494	125	746	334,040
1974	35	0	0	6,528	21,693	957	178	371,367
1975	0	363	0	15,884	8,309	74	910	423,625
1976	247	5,462	2	2,509	2,841	43	469	446,782
1977	157	6,822	4	8,821	7,054	365	130	370,890
1978	24	8,050	46	11,475	9,381	274	369	446,220
1979	0	4,826	0	3,491	3,097	234	659	388,254
1980	351	5,984	0	5,540	4,268	222	32	370,225
1981	5,369	6,603	0	4,401	5,048	141	186	377,734
1982	6,107	13,402	66	5,501	3,276	380	243	289,836
1983	27,930	55,325	390	10,269	6,743	0	277	281,461
1984	5,877	17,971	537	7,694	5,932	3	194	282,798
1985	991	5,368	7	8,181	3,998	0	41	328,114
1986	3,300	5,050	0	1,050	1,750	10	15	386,675

**TABLE 2.** Catch of tunas in the eastern Pacific Ocean (EPO) in 1985 by species, area of catch, and vessel flag, in short tons.**TABLA 2.** Captura de atunes en el Océano Pacífico oriental (OPO) durante 1985, por especie, zona de captura y abanderamiento, en toneladas cortas.

Area and flag Zona y bandera	Yellowfin Aleta amarilla	Skipjack Barrilete	Bigeye Patudo	Bluefin Aleta azul	Bonito Bonito	Albacore Albacora	Black skipjack Barrilete negro	Other <sup>a</sup> Otras <sup>a</sup>	Total Total	Percentage of total Porcentaje del total
<b>CYRA-ARCAA</b>										
Ecuador	10,476	25,299	2,567	0	0	0	160	203	38,705	13.6
Japan	3,100	0	0	0	0	0	0	0	3,100	1.1
Mexico	80,995	6,405	263	745	153	54	166	49	88,830	31.2
USA	79,184	9,650	1,017	3,647	3,097	839	0	333	97,767	34.3
Venezuela	23,513	7,861	879	0	0	0	0	0	32,253	11.3
Others <sup>b</sup>	19,021	4,929	242	0	0	0	0	6	24,198	8.5
Otros <sup>b</sup>										
Total CYRA	216,289	54,144	4,968	4,392	3,250	893	326	591	284,853	
Total ARCAA										
<b>West of CYRA (outside)-Al oeste del ARCAA (exterior)</b>										
Mexico	7,762	366	0	0	0	0	0	0	8,128	33.2
USA	15,130	43	0	0	0	0	0	0	15,173	61.9
Venezuela	690	0	29	0	0	0	0	0	719	2.9
Others <sup>b</sup>	492	2	0	0	0	0	0	0	494	2.0
Otros <sup>b</sup>										
Total outside	24,074	411	29	0	0	0	0	0	24,514	
Total exterior										
Total EPO	240,363	54,555	4,997	4,392	3,250	893	326	591	309,367	
Total OPO										

a. Includes mackerel, sharks, other tunas, and miscellaneous fishes.

a. Incluye estorninos, tiburones, otros túnidos y peces diversos.

b. Includes the Cayman Islands, Colombia, Costa Rica, Panama, Peru, Spain, USSR, and Vanuatu. This category is used to avoid revealing the operations of individual vessels or companies.

b. Incluye las Islas Caimán, Colombia, Costa Rica, España, Panamá, Perú, URSS y Vanuatú. Esta categoría se usa para no revelar información sobre faenas de barcos individuales o de empresas.

**TABLE 3.** Landings during 1985 of tunas caught in the eastern Pacific Ocean (EPO) by species, area, and country of landing, in short tons.  
**TABLA 3.** Desembarcos de atunes capturados en el Océano Pacífico oriental (OPO) en 1985, divididos por especie, área y país de desembarco, en toneladas cortas.

Area and flag Zona y bandera	Yellowfin Aleta amarilla	Skipjack Barrilete	Bigeye Patudo	Bluefin Aleta azul	Bonito Bonito	Albacore Albacora	Black skipjack Barrilete negro	Other <sup>a</sup> Otras <sup>a</sup>	Total Total	Percentage of total Porcentaje del total
<b>CYRA-ARCAA</b>										
Ecuador	12,226	31,821	2,886	0	0	0	146	213	47,292	16.9
France	1,221	0	0	0	0	9	0	0	1,230	0.4
Italy	20,622	41	75	0	0	0	0	0	20,738	7.4
Japan	5,168	14	2	0	0	60	0	0	5,244	1.9
Mexico	52,739	3,842	169	745	150	54	1	44	57,744	20.6
Spain	2,040	181	342	0	0	0	0	0	2,563	0.9
Thailand	438	1,209	20	0	0	0	0	0	1,667	0.6
USA	102,203	9,640	2,121	3,647	3,042	712	0	325	121,690	43.5
Venezuela	7,229	3,667	274	0	0	0	0	0	11,170	4.0
Others <sup>b</sup> Otros <sup>b</sup>	7,552	2,783	104	0	15	0	220	3	10,677	3.8
Total CYRA	211,438	53,198	5,993	4,392	3,207	835	367	585	280,015	
Total ARCAA										
<b>West of CYRA (outside)-Al oeste del ARCAA (exterior)</b>										
Ecuador	47	0	0	0	0	0	0	0	47	0.2
Italy	4,131	37	0	0	0	0	0	0	4,168	17.0
Mexico	1,313	26	0	0	0	0	0	0	1,339	5.5
Spain	184	0	0	0	0	0	0	0	184	0.7
Thailand	0	301	0	0	0	0	0	0	301	1.2
USA	16,244	45	29	0	0	0	0	0	16,318	66.4
Venezuela	47	7	0	0	0	0	0	0	54	0.2
Others <sup>b</sup> Otros <sup>b</sup>	2,148	2	0	0	0	0	0	0	2,150	8.8
Total outside	24,114	418	29	0	0	0	0	0	24,561	
Total exterior										
Total EPO	235,552	53,616	6,022	4,392	3,207	835	367	585	304,576	
Total OPO										

a. Includes mackerel, sharks, other tunas, and miscellaneous fishes.

a. Incluye estorninos, tiburones, otros túnidos y peces diversos.

b. Includes Australia, Canada, Colombia, Costa Rica, Cuba, Nicaragua, and Peru. This category is used to avoid revealing the operations of individual vessels or companies.

b. Incluye Australia, Canadá, Colombia, Costa Rica, Cuba, Nicaragua y Perú. Esta categoría se usa para no revelar información sobre faenas de barcos individuales o de empresas.



**TABLE 4.** Preliminary estimates of the catch of tunas in the eastern Pacific Ocean (EPO) in 1986 by species, area of catch, and vessel flag, in short tons.**TABLA 4.** Estimación preliminar de la captura de atunes en el Océano Pacífico oriental (OPO) en 1986, por especie, área de captura y abanderamiento, en toneladas cortas.

Area and flag Zona y bandera	Yellowfin Aleta amarilla	Skipjack Barrilete	Bigeye Patudo	Bluefin Aleta azul	Bonito Bonito	Albacore Albacora	Black skipjack Barrilete negro	Other <sup>a</sup> Otras <sup>a</sup>	Total Total	Percentage of total Porcentaje del total
<b>CYRA-ARCAA</b>										
Ecuador	19,250	25,700	550	0	0	0	300	900	46,700	14.0
Japan	1,450	0	0	0	0	0	0	0	1,450	0.4
Mexico	103,050	8,700	10	200	350	0	0	50	112,360	33.8
USA	69,950	12,250	150	5,200	50	150	0	100	87,850	26.4
Venezuela	33,200	11,450	1,250	0	0	0	20	50	45,970	13.8
Others <sup>b</sup>	26,250	11,400	250	0	0	0	350	25	38,275	11.5
Total CYRA	253,150	69,500	2,210	5,400	400	150	670	1,125	332,605	
<b>West of CYRA (outside)-Al oeste del ARCAA (exterior)</b>										
Mexico	13,050	100	0	0	0	0	0	0	13,150	30.7
USA	29,400	150	0	0	0	0	0	0	29,550	68.9
Venezuela	200	0	0	0	0	0	0	0	200	0.5
Others <sup>b</sup>	20	0	0	0	0	0	0	0	20	<0.1
Otros <sup>b</sup>										
Total outside	42,650	250	0	0	0	0	0	0	42,900	
Total exterior										
Total EPO	295,800	69,750	2,210	5,400	400	150	670	1,125	375,505	
Total OPO										

a. Includes mackerel, sharks, other tunas, and miscellaneous fishes.

a. Incluye estorninos, tiburones, otros túnidos y peces diversos.

b. Includes Cayman Islands, Colombia, Costa Rica, El Salvador, Panama, Peru, Spain, USSR, and Vanuatu. This category is used to avoid revealing the operations of individual vessels or companies.

b. Incluye las Islas Caimán, Colombia, Costa Rica, España, Panamá, Perú, URSS y Vanuatu. Esta categoría se usa para no revelar información sobre faenas de barcos individuales o de empresas.

**TABLE 5.** Preliminary estimates of the landings during 1986 of tunas caught in the eastern Pacific Ocean (EPO) by species, area, and country of landing, in short tons.

**TABLA 5.** Estimación preliminar de los desembarcos de atunes capturados en el Océano Pacífico oriental (OPO) durante 1986 por especie, área y país de desembarco, en toneladas cortas.

Area and flag Zona y bandera	Yellowfin Aleta amarilla	Skipjack Barrilete	Bigeye Patudo	Bluefin Aleta azul	Bonito Bonito	Albacore Albacora	Black skipjack Barrilete negro	Other <sup>a</sup> Otras <sup>a</sup>	Total Total	Percentage of total Porcentaje del total
<b>CYRA-ARCAA</b>										
Ecuador	27,100	31,600	700	0	0	0	200	800	60,400	18.4
France	2,400	50	0	0	0	80	0	0	2,530	0.8
Italy	34,300	600	50	30	0	0	0	0	34,980	10.6
Japan	10,600	0	0	30	0	10	0	0	10,640	3.2
Mexico	37,100	4,200	10	120	350	0	0	40	41,820	12.7
Panama	20	10	30	0	0	0	0	0	60	<0.1
Peru	20	0	0	0	0	0	0	0	20	<0.1
Spain	11,700	1,500	0	30	0	0	0	0	13,230	4.0
Thailand	7,500	2,500	0	0	0	0	0	0	10,000	3.0
USA	107,300	19,300	370	5,170	70	60	20	110	132,400	40.3
Venezuela	10,400	3,500	600	0	0	0	0	40	14,540	4.4
Others <sup>b</sup>	5,300	2,600	0	0	0	0	60	20	7,980	2.4
Otros <sup>b</sup>										
Total CYRA	253,740	65,860	1,760	5,380	420	150	280	1,010	328,600	
Total ARCAA										
<b>West of CYRA (outside)-Al oeste del ARCAA (exterior)</b>										
Ecuador	20	0	0	0	0	0	0	0	20	<0.1
France	70	0	0	0	0	0	0	0	70	0.2
Italy	10,200	0	0	0	0	0	0	0	10,200	24.0
Japan	400	0	0	0	0	0	0	0	400	0.9
Mexico	1,000	70	0	0	0	0	0	0	1,070	2.5
Spain	1,300	0	0	0	0	0	0	0	1,300	3.1
Thailand	20	0	0	0	0	0	0	0	20	<0.1
USA	29,000	100	0	0	0	0	0	0	29,100	68.5
Venezuela	200	0	0	0	0	0	0	0	200	0.5
Others <sup>b</sup>	100	0	0	0	0	0	0	0	100	0.2
Otros <sup>b</sup>										
Total outside	42,310	170	0	0	0	0	0	0	42,480	
Total exterior										
Total EPO	296,050	66,030	1,760	5,380	420	150	280	1,010	371,080	
Total OPO										

a. Includes mackerel, sharks, other tunas, and miscellaneous fishes.

a. Incluye estorninos, tiburones, túnidos y peces diversos.

b. Includes Australia, Colombia, Costa Rica, and Nicaragua. This category is used to avoid revealing the operations of individual vessels or companies.

b. Incluye Australia, Colombia, Costa Rica y Nicaragua. Esta categoría se usa para no revelar información sobre faenas de barcos individuales o de empresas.

**TABLE 6.** Logged yellowfin (YFT) and skipjack (SKJ) catch by purse seines in the Pacific Ocean east of 150°W for the 1981 through 1986 period by latitude. The 1986 data are preliminary**TABLA 6.** Captura registrada de aleta amarilla (YFT) y barrilete (SKJ) por barcos cerqueros en el Océano Pacífico al este de 150°W durante el período 1981-1986, por latitud. Los datos de 1986 son preliminares

Latitude Latitud	Species Especie	Year-Año					
		1981	1982	1983	1984	1985	1986
South of Equator	YFT	34,902	16,016	38,096	29,847	15,767	9,518
	SKJ	15,577	6,742	17,039	12,141	13,124	2,912
Equator to 5°N	YFT	8,260	15,242	2,107	7,089	13,238	11,891
	SKJ	7,795	24,521	4,263	23,867	22,565	15,685
5°N to 10°N	YFT	46,353	33,533	9,268	33,430	61,247	123,668
	SKJ	28,163	23,559	8,134	12,718	11,808	23,923
10°N to 15°N	YFT	33,589	28,112	16,944	35,717	91,242	70,226
	SKJ	22,517	11,110	11,721	1,118	574	1,975
15°N to 20°N	YFT	6,994	4,337	5,584	8,094	19,927	18,670
	SKJ	14,367	7,445	4,881	1,598	739	1,122
North of 20°N	YFT	41,879	17,646	15,874	31,384	15,705	14,052
	SKJ	19,855	19,419	6,463	3,560	145	1,016
Total for year	YFT	171,977	114,886	87,873	145,561	217,126	248,025
Total anual	SKJ	108,274	92,796	52,501	55,002	48,955	46,633

**TABLE 7.** Logged yellowfin (YFT) and skipjack (SKJ) catch by baitboats in the Pacific Ocean east of 150°W for the 1981 through 1986 period by latitude. The 1986 data are preliminary.**TABLA 7.** Captura registrada de aleta amarilla (YFT) y barrilete (SKJ) por barcos de carnada en el Océano Pacífico al este de 150°W durante el período 1981-1986, por latitud. Los datos de 1986 son preliminares.

Latitude Latitud	Species Especie	Year-Año					
		1981	1982	1983	1984	1985	1986
10°N to 15°N	YFT	57	2	0	0	34	0
	SKJ	25	6	0	0	0	0
15°N to 20°N	YFT	462	169	82	214	482	415
	SKJ	529	247	101	658	794	82
North of 20°N	YFT	888	735	4,188	2,828	524	2,114
	SKJ	6,689	1,891	3,249	1,462	114	1,842
Total for year	YFT	1,407	906	4,270	3,042	1,040	2,529
Total anual	SKJ	7,243	2,144	3,350	2,120	908	1,924

**TABLE 8.** Number of vessels and carrying capacity of the international surface-gear fleet which fished in the eastern Pacific Ocean each year between 1965 and 1986 and the change in capacity from the previous year. The 1986 data are preliminary.

**TABLA 8.** Número de embarcaciones y capacidad de acarreo de la flota epipelágica internacional que pescó en el Océano Pacífico oriental entre 1965 y 1986 y cambios en la capacidad de acarreo con relación al año anterior. Los datos de 1986 son preliminares.

Year Año	Number Número	Capacity Capacidad	Change in capacity Cambio en la capacidad
1965	279	48,637	
1966	248	46,255	- 2,382
1967	238	46,253	- 2
1968	234	56,480	+ 10,277
1969	226	62,781	+ 6,301
1970	220	71,987	+ 9,206
1971	359	96,003	+ 24,016
1972	392	121,114	+ 25,111
1973	353	139,570	+ 18,456
1974	353	155,041	+ 15,471
1975	365	171,480	+ 16,439
1976	392	184,589	+ 13,109
1977	372	185,380	+ 791
1978	390	187,425	+ 2,045
1979	330	188,087	+ 662
1980	321	189,326	+ 1,239
1981	291	186,919	- 2,407
1982	263	170,684	- 16,235
1983	271	141,725	- 28,959
1984	214	116,414	- 25,311
1985	198	129,540	+ 13,126
1986	176	122,905	- 6,635

**TABLE 9.** Preliminary estimates of the numbers and carrying capacity in short tons of vessels (exclusive of longliners and miscellaneous small vessels) operating in the eastern Pacific Ocean in 1986 by flag, gear, and size class.

**TABLA 9.** Estimación preliminar del número de barcos y su capacidad de acarreo, en toneladas cortas, que operaron en el Océano Pacífico oriental durante 1986 (sin incluir barcos de pesca palangrera y barcos pequeños diversos) por abanderamiento, arte de pesca y clase de arqueo.

Flag Bandera	Gear Arte	Size class—Clase de arqueo							Capacity Capacidad
		1	2	3	4	5	6	Total	
NUMBER - NUMERO									
Cayman Islands	Baitboat							1	*
Costa Rica	Seiner							1	*
Ecuador	Seiner		5	13	6	2	4	30	6,936
	Baitboat							3	*
El Salvador	Seiner							1	*
Mexico	Seiner			1	1	2	41	45	42,977
	Baitboat							10	*
Panama	Seiner							3	*
Spain	Seiner							2	*
USA	Seiner	3	11	5	1	1	37	58	41,700
	Baitboat							3	*
USSR	Seiner							1	*
Vanuatu	Seiner							3	*
Venezuela	Seiner						5	15	17,957
Total of *									13,335
All flags	Seiner	3	16	19	9	5	107	159	121,029
Todas las banderas	Baitboat	3	4	9	1			17	1,876
	All gear	6	20	28	10	5	107	176	122,905
CAPACITY - CAPACIDAD									
All flags	Seiner	115	1,372	2,615	2,182	1,882	112,863	159	121,029
Todas las banderas	Baitboat	80	352	1,239	205			17	1,876
	All gear	195	1,724	3,854	2,387	1,882	112,863	176	122,905

\* Asterisks indicate data pooled to avoid revealing the operations of individual vessels or companies.

\* Los asteriscos indican datos omitidos para evitar revelar las actividades de compañías o de barcos específicos.

**TABLE 10.** Catch per ton of carrying capacity by vessel size group for the EPO purse-seine fleet for the 1974-1986 period by species in the EPO and in all ocean fishing areas (OFA). The size groups, by capacity in short tons, are as follows: 1, <301 tons; 2, 301-400 tons; 3, 401-600 tons; 4, 601-800 tons; 5, 801-1000 tons; 6, 1001-1200 tons; 7, 1201-1400 tons; 8, >1400 tons. The abbreviations for the species are as follows: YFT, yellowfin; SKJ, skipjack; All, all species reported. The 1986 data are preliminary.

**TABLA 10.** Captura por tonelada de capacidad de acarreo y por clase de arqueo, de la flota cerquera del OPO durante el período 1974-1986, por especie en el OPO y en todas las zonas oceánicas (OFA). Según la capacidad de los barcos, las clases de arqueo, en toneladas cortas, son las siguientes: 1, <301 toneladas; 2, 301-400 toneladas; 3, 401-600 toneladas; 4, 601-800 toneladas; 5, 801-1000 toneladas; 6, 1001-1200 toneladas; 7, 1201-1400 toneladas; 8, >1400 toneladas. Las abreviaturas de las especies son: YFT: aleta amarilla; SKJ: barrilete. La abreviatura "All" en la columna de "Especie" indica todas las especies informadas. Los datos de 1986 son preliminares.

Year Año	Species Especie	Size group and catch area Clase de arqueo y zona de captura																	
		1		2		3		4		5		6		7		8		Total	
		All		All		All		All		All		All		All		All		All	
		EPO	OFA	EPO	OFA	EPO	OFA	EPO	OFA	EPO	OFA	EPO	OFA	EPO	OFA	EPO	OFA	EPO	OFA
1974	YFT	1.8	1.8	1.9	1.9	1.7	1.7	2.1	2.1	1.4	1.4	1.6	1.6	1.1	1.2	0.8	1.0	1.5	1.6
	SKJ	0.7	0.7	0.6	0.6	0.7	0.7	0.5	0.5	0.5	0.7	0.5	0.6	0.6	1.0	0.4	0.8	0.5	0.7
	All	3.1	3.1	2.9	2.9	2.6	2.6	2.6	2.7	1.9	2.1	2.1	2.2	1.8	2.3	1.3	1.8	2.2	2.4
1975	YFT	1.7	1.7	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.0	1.0	1.3	1.4	1.4	1.6	0.5	0.7	1.3	1.4
	SKJ	1.3	1.3	0.9	0.9	0.8	0.8	0.6	0.6	0.8	0.8	0.7	0.7	1.0	1.1	0.5	0.6	0.7	0.8
	All	4.4	4.4	3.5	3.5	3.0	3.0	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.2	2.4	2.7	1.0	1.4	2.3	2.4
1976	YFT	1.3	1.3	1.4	1.4	1.3	1.3	1.6	1.6	1.0	1.0	1.8	1.8	1.7	1.8	0.8	0.8	1.4	1.5
	SKJ	1.0	1.0	0.9	0.9	0.9	0.9	0.8	0.8	0.7	0.7	0.7	0.8	0.7	0.9	0.4	0.4	0.7	0.8
	All	3.1	3.1	3.1	3.1	2.5	2.5	2.4	2.5	1.8	1.8	2.6	2.7	2.7	2.8	1.2	1.3	2.3	2.4
1977	YFT	1.3	1.3	1.4	1.4	0.9	0.9	1.6	1.6	0.9	0.9	1.3	1.3	1.6	1.7	0.8	0.9	1.2	1.3
	SKJ	0.9	0.9	0.6	0.6	0.4	0.4	0.6	0.6	0.4	0.4	0.5	0.5	0.6	0.6	0.3	0.5	0.5	0.6
	All	3.1	3.1	3.0	3.0	1.7	1.7	2.4	2.4	1.3	1.4	1.8	1.9	2.2	2.3	1.1	1.5	1.8	2.0
1978	YFT	1.3	1.3	1.6	1.6	1.0	1.0	1.5	1.5	0.9	0.9	1.1	1.1	1.1	1.1	1.2	0.6	0.8	1.1
	SKJ	1.3	1.3	1.0	1.0	0.9	0.9	1.0	1.0	0.9	1.0	1.1	1.2	1.2	1.4	0.6	0.8	1.0	1.1
	All	3.2	3.2	3.2	3.2	2.1	2.1	2.6	2.6	1.9	2.1	2.3	2.4	2.4	2.7	1.2	1.6	2.2	2.4
1979	YFT	1.5	1.5	1.6	1.6	1.3	1.3	1.4	1.4	0.8	0.8	1.1	1.1	1.2	1.2	0.6	0.6	1.1	1.1
	SKJ	1.3	1.3	0.9	0.9	0.5	0.5	0.9	0.9	0.5	0.5	0.8	0.8	0.7	0.7	0.5	0.6	0.7	0.8
	All	3.2	3.2	2.8	2.8	2.0	2.0	2.4	2.4	1.4	1.4	1.9	2.1	2.0	2.0	1.2	1.3	2.0	2.0
1980	YFT	0.8	0.8	1.1	1.1	0.9	0.9	1.2	1.2	0.6	0.6	0.9	1.0	1.1	1.1	0.8	0.9	0.9	1.0
	SKJ	0.5	0.5	0.8	0.8	0.8	0.8	1.0	1.0	0.4	0.5	0.8	0.8	0.9	1.0	0.6	0.7	0.7	0.8
	All	2.2	2.2	2.3	2.3	1.8	1.8	2.2	2.2	1.1	1.2	1.8	1.9	2.1	2.2	1.5	1.7	1.9	1.9
1981	YFT	1.1	1.1	1.2	1.2	0.9	0.9	1.3	1.3	1.0	1.0	1.2	1.2	1.0	1.2	0.6	0.7	1.1	1.1
	SKJ	1.0	1.0	1.1	1.1	0.7	0.7	0.9	0.9	0.4	0.4	0.7	0.7	0.6	0.8	0.4	0.6	0.7	0.7
	All	3.0	3.0	2.6	2.6	1.6	1.7	2.2	2.2	1.5	1.5	1.9	2.0	1.7	2.0	1.0	1.4	1.9	2.0
1982	YFT	0.8	0.8	0.8	0.8	0.7	0.7	0.7	0.7	0.6	0.7	0.9	1.0	0.9	1.0	0.7	0.9	0.8	0.9
	SKJ	1.9	1.9	1.3	1.3	0.7	0.7	0.6	0.6	0.4	0.5	0.5	0.6	0.7	0.7	0.2	0.7	0.6	0.7
	All	3.3	3.3	2.5	2.5	1.5	1.5	1.3	1.3	1.0	1.2	1.5	1.7	1.7	1.7	0.9	1.8	1.5	1.7
1983	YFT	1.2	1.2	1.0	1.0	0.7	0.7	0.7	0.7	0.8	1.0	0.7	1.1	0.6	0.8	0.3	0.9	0.7	1.0
	SKJ	1.7	1.7	0.9	0.9	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.5	0.3	1.0	0.3	0.9	0.1	0.9	0.4	0.9
	All	3.8	3.8	2.0	2.0	1.2	1.2	1.1	1.1	1.3	1.5	1.0	2.1	0.9	1.7	0.3	1.8	1.2	1.9
1984	YFT	1.8	1.8	1.9	1.9	1.2	1.2	1.7	1.7	1.5	1.6	1.5	1.6	1.0	1.1	0.2	0.6	1.4	1.5
	SKJ	1.9	1.9	1.6	1.6	0.7	0.7	0.6	0.6	0.5	0.6	0.4	0.8	0.3	0.6	0.3	0.6	0.6	0.8
	All	4.8	4.8	3.9	3.9	2.0	2.0	2.3	2.3	2.2	2.3	2.0	2.5	1.3	1.7	0.6	1.2	2.1	2.4
1985	YFT	1.4	1.4	1.1	1.1	1.2	1.2	1.6	1.6	1.4	1.6	2.1	2.1	2.1	2.1	1.3	1.6	1.9	1.9
	SKJ	2.2	2.2	1.5	1.5	0.3	0.3	0.4	0.4	0.1	0.2	0.3	0.4	0.1	0.1	1.0	1.1	0.4	0.5
	All	4.7	4.8	3.0	3.0	1.9	1.9	2.1	2.1	1.5	1.8	2.4	2.6	2.2	2.3	2.4	2.8	2.4	2.5
1986	YFT	1.7	1.7	1.8	1.8	1.5	1.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.5	2.5	2.8	2.8	2.2	2.2	2.4	2.4
	SKJ	1.8	1.8	1.9	1.9	0.6	0.6	0.6	0.6	0.5	0.5	0.4	0.5	0.1	0.2	0.8	0.8	0.5	0.6
	All	4.3	4.3	4.2	4.2	2.4	2.4	2.6	2.6	2.5	2.5	2.9	3.0	3.0	3.0	3.1	3.1	2.9	3.0

**TABLE 11.** Classification of search types.**TABLA 11.** Clasificación de tipos de búsqueda.

Search type Tipo de búsqueda	Set type at the end of the search Tipo de lance al final de la búsqueda	Previous set type Tipo de lance anterior	Mixed YF + SJ or pure YF at the end of the search YF + SJ mezclado o YF puro al final de la búsqueda
1	schoolfish cardumen libre	schoolfish cardumen libre	YF
2	dolphin delfín	dolphin delfín	YF
3	floating object objeto flotante	floating object objeto flotante	YF
4	schoolfish cardumen libre	schoolfish cardumen libre	YF + SJ
5	dolphin delfín	dolphin delfín	YF + SJ
6	floating object objeto flotante	floating object objeto flotante	YF + SJ
7	different from previous set diferente del lance anterior	different from set type at end of search diferente del tipo de lance al final de la búsqueda	YF or YF + SJ

**TABLE 12.** F values for 10 data subsets, each composed of one randomly-chosen observation from each 5°-quadrangle-month. The factors listed above the line are included in the final model, and their F values correspond to the reduction in sums of squares obtained by adding the factor to a model made up of the rest of the factors above the line. The factors below the line are not included in the final model, and their F values correspond to the reduction in sums of squares obtained by adding the factor to a model made up of the factors above the line.

**TABLA 12.** Valores de F para 10 subseries de datos, compuestos por una observación seleccionada al azar de cada cuadrado de 5° por mes. Los factores señalados encima de la línea se incluyen en el modelo final y sus valores de F corresponden a la reducción de las sumas de los cuadrados obtenidas al sumar el factor a un modelo compuesto por los demás factores encima de la línea. Los factores señalados debajo de la línea no se incluyen en el modelo final y sus valores de F corresponden a la reducción de las sumas de los cuadrados obtenidas al sumar el factor a un modelo compuesto de los factores que se encuentran encima de la línea.

Factor	Degrees of freedom Grados de libertad	Subset-Subserie									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Year-Año	385	9.1 <sup>a</sup>	7.0 <sup>a</sup>	10.4 <sup>a</sup>	11.2 <sup>a</sup>	9.8 <sup>a</sup>	10.2 <sup>a</sup>	9.3 <sup>a</sup>	10.4 <sup>a</sup>	10.3 <sup>a</sup>	10.8 <sup>a</sup>
Search type Tipo de búsqueda	6	8.4 <sup>a</sup>	11.3 <sup>a</sup>	15.1 <sup>a</sup>	12.6 <sup>a</sup>	14.5 <sup>a</sup>	9.5 <sup>a</sup>	11.7 <sup>a</sup>	17.6 <sup>a</sup>	18.2 <sup>a</sup>	13.4 <sup>a</sup>
Time-area <sup>b</sup> Tiempo-zona <sup>b</sup>	19	2.2	1.2	1.7	1.4	2.3 <sup>a</sup>	2.4 <sup>a</sup>	1.7	1.5	1.9	1.1
Vessel speed Velocidad del barco	1	28.4 <sup>a</sup>	13.6 <sup>a</sup>	28.7 <sup>a</sup>	21.0 <sup>a</sup>	30.5 <sup>a</sup>	33.7 <sup>a</sup>	27.1 <sup>a</sup>	28.3 <sup>a</sup>	24.2 <sup>a</sup>	26.5 <sup>a</sup>
Search type * Time-area Tipo de búsqueda * Tiempo-zona	114 <sup>c</sup>	1.7 <sup>a</sup>	1.8 <sup>a</sup>	1.7 <sup>a</sup>	2.2 <sup>a</sup>	2.0 <sup>a</sup>	1.7 <sup>a</sup>	1.8 <sup>a</sup>	1.7 <sup>a</sup>	2.1 <sup>a</sup>	1.9 <sup>a</sup>
Capacity Capacidad	2	1.0	3.0	1.8	3.0	0.8	1.3	2.9	2.2	2.1	3.3
Helicopter on board Helicóptero a bordo	1	0.9	12.6 <sup>a</sup>	7.1	0.1	0.0	1.7	4.7	6.0	4.0	3.6
Net length Longitud de red	1	2.6	3.1	3.3	0.5	0.1	0.8	0.1	3.1	3.8	3.9
Net depth Profundidad de red	1	0.2	0.1	0.0	7.9	0.2	2.2	0.9	0.0	0.3	0.1
Sea-surface temperature Temperatura de la superficie del mar	1	0.6	0.6	0.1	0.0	3.2	2.5	0.9	0.0	0.2	0.1
Vessel speed * Search type Velocidad del barco * tipo de búsqueda	6	0.6	0.7	1.3	1.4	0.9	0.7	0.7	0.4	0.3	1.9
Vessel speed * Time-area Velocidad del barco * tiempo-zona	19	1.1	1.1	1.4	0.7	1.3	0.6	0.7	1.0	1.2	1.1
Vessel speed * Year Velocidad del barco * año	15	1.3	1.3	1.0	0.8	0.6	1.3	0.8	1.1	1.0	1.6
Year * Search type Año * tipo de búsqueda	90	1.5	1.2	1.2	1.2	1.0	1.2	1.3	1.1	1.0	1.3
Year * Time-area Año * Tiempo-zona	285 <sup>c</sup>	1.2	1.1	1.1	1.3	1.4 <sup>a</sup>	1.4 <sup>a</sup>	1.2	1.1	1.1	1.3

a. Significant at  $\alpha = 0.001$

a. Significativo a  $\alpha = 0.001$

b. Time-area is included in the final model because the combined effects of time-area and the interaction between time-area and search type is significant in all 10 subsets.

b. La zona-tiempo se incluye en el modelo final porque los efectos combinados de tiempo-zona y la interacción entre tiempo-zona y tipo de búsqueda resulta significativa en las 10 subseries.

c. The actual degrees of freedom are fewer in some subsets because of empty cells.

c. Los grados de libertad reales son menores en algunas subseries debido a células vacías.



**TABLE 13.** Data for analysis of cohesiveness of skipjack schools.**TABLA 13.** Datos para el análisis del grado de cohesión de los cardúmenes de barrilete.

Cruise Crucero	Month of release Mes de liberación	Month of recapture Mes de recaptura	Sets Lances	Tags Marcas	Sets with 0, 1, 2, 3, . . . tagged fish Lances con 0, 1, 2, 3, . . . peces marcados									Chi- square value Valor de Chi²	d.f. g.l.	Prob- ability Proba- bilidad
					0	1	2	3	4	5	>5	Total				
1042	June 1962	July	163	143	exp.	860.51	97.64	15.28	3.35	0.82	0.19	0.06	978.00	30.260	2	<0.01
					obs.	900	49	22	3		1	3	978			
		August	311	44	exp.	1823.17	41.64	1.09	0.03				1866.00	0.350	1	>0.05
					obs.	1827	34	5					1866			
1043	June- July 1963	July	273	246	exp.	1426.78	157.55	26.45	6.65	2.17	0.78	0.43	1621.00	50.258	3	<0.01
					obs.	1482	96	18	13	6	1	5	1621			
		August	376	111	exp.	2154.65	92.76	7.51	0.86	0.11	0		2256.00	0.725	2	>0.05
					obs.	2160	86	7	2		1		2256			
		September	385	38	exp.	2273.19	35.60	1.10	0.04				2310.00	0.001	1	>0.05
					obs.	2273	36	1					2310			
1075	June- July 1975	August	269	57	exp.	1022.78	49.74	3.09	0.28	0.02			1076.00	0.077	1	>0.05
					obs.	1029	39	6	2				1076			
1095	April 1981	May	153	37	exp.	125.34	20.98	4.77	1.33	0.40	0.12	0.04	153.00	3.309	1	>0.05
					obs.	134	12	3	1		2	1	153			

**TABLE 14.** Growth rate estimates for bluefin from the eastern Pacific catch for 1981-1983 by hard part (vertebrae) and length-frequency analysis.

**TABLA 14.** Estimaciones del índice de crecimiento de atún aleta azul de la captura del Océano Pacífico oriental durante el período 1981-1983, clasificadas según el análisis de las partes duras (vértebras) y la frecuencia de talla.

**Vertebrae:****Vértebras:**

Age interval Intervalo de edad	Number of fish Cantidad de peces	Growth (cm/mo) Crecimiento (cm/mes)	95-percent confidence interval Intervalo de confiabilidad de 95 por ciento
1-2	76	1.72	1.61-1.84
2-3	35	1.56	1.40-1.71
1-3	35	1.56	1.46-1.65
1-6	8	1.76	1.62-1.90

**Length frequencies:****Frecuencias de talla:**

1981	Major mode June	= 72 cm
	Moda principal junio	
	Major mode September	= 80 cm
	2.67 cm/mo Moda principal septiembre 2.67 cm/mes	
1982	Major mode July	= 62 cm
	Moda principal julio	
	Major mode October	= 70 cm
	2.67 cm/mo Moda principal octubre 2.67 cm/mes	
1983	Major mode July	= 72 cm
	Moda principal julio	
	Major mode September	= 80 cm
	4.00 cm/mo Moda principal septiembre 4.00 cm/mes	
Mean 1981-1983		3.11 cm/mo
Media 1981-1983		3.11 cm/mes

**TABLE 15.** Tuna-dolphin program's sampling coverage of trips and tunas (yellowfin and skipjack) captured in the tuna-dolphin purse-seine fishery during 1986.**TABLA 15.** Cobertura muestral del programa atún-delfín de viajes y atunes capturados (aleta amarilla y barrilete) en la pesca atunera con cerco durante 1986.

	Number of sampled trips  No. de viajes muestreados	Number of sampled trips with dolphin sets No. de viajes muestreados con lances sobre delfines	Estimated total number of trips with dolphin sets <sup>a</sup> Total estimado del no. de viajes con lances sobre delfines <sup>a</sup>	Percent sampling coverage of trips with dolphin sets Porcentaje de cobertura muestral de viajes con lances sobre delfines	Percent sampling coverage of tons of tunas caught in dolphin sets <sup>b</sup> Porcentaje de cobertura muestral de toneladas de túnidos capturados en lances sobre delfines <sup>b</sup>
United States vessels <sup>c</sup> Barcos de EE.UU. <sup>c</sup>					
sampled by NMFS muestreados por NMFS	20	20			
sampled by IATTC muestreados por CIAT	23	23			
Total	43	43	103	41.7	45.5
Non-U.S. vessels and U.S. vessels chartered by Venezuelan companies (sampled by IATTC) Barcos de otros países y barcos de EE.UU. fletados por compañías venezolanas (muestreados por CIAT)					
Costa Rica	1	1	4	25.0	
Ecuador	3	2	16	12.5	
El Salvador	0	0	2	0.0	
Mexico <sup>d</sup>	42	41	157	26.1	
Panama	6	3	9	33.3	
Spain-España	1	1	5	20.0	
Vanuatu	6	3	13	23.1	
Venezuela (non U.S.) (barcos venezolanos)	15	13	52	36.4	
Venezuela (U.S.) (barcos fletados)	4	4	11	36.4	
Total	78	68	269	25.3	26.3
All countries Todos los países	121	111	372	29.8	33.0

a. Adjusted estimates based on IATTC logbook coverage trips of vessels of each country in the eastern Pacific.

a. Estimaciones ajustadas, basadas en bitácoras de CIAT, de cobertura de viajes de barcos de cada país en el Pacífico oriental.

b. Using adjusted estimates of total yellowfin and skipjack catch on dolphins based on IATTC logbook coverage of trips of the U.S. and non-U.S. fleets.

b. Usando estimaciones ajustadas de la captura total de aleta amarilla y barrilete en lances sobre delfines, basadas en bitácoras de la CIAT para cobertura de viajes de las flotas de EE.UU. y otros países.

c. Does not include trips made during the U.S. dolphin closure period. All trips made by U.S. vessels during this period carried U.S. enforcement personnel.

c. No incluye viajes realizados durante la clausura de capturas con delfines establecida por EE.UU. Viajes realizados por barcos de EE.UU. durante este período llevaban funcionarios que vigilaban el cumplimiento de la clausura.

d. Mexico began participating in the program in 1986; thus trips that began in 1985 and ended in 1986 were not sampled.

d. México se incorporó al programa en 1986 por lo que no se muestrearon viajes comenzados en 1985 que terminaron en 1986.

**TABLE 16.** Estimates of the mortalities of dolphins inflicted by the international fleet during 1986.**TABLA 16.** Estimación de la mortalidad de delfines causada por la flota internacional en 1986.

	Based on kill per set Basado en mortalidad por lance		Based on kill per ton Basado en mortalidad por tonelada	
	Estimate Estimación	Standard error Error estándar	Estimate Estimación	Standard error Error estándar
Offshore spotted dolphin Delfín manchado de altamar	67,245	6,550	65,117	5,718
Eastern spinner dolphin Delfín tornillo oriental	15,594	2,698	14,804	2,619
Whitebelly spinner dolphin Delfín tornillo panza blanca	14,995	2,293	14,337	2,089
Unidentified spinner dolphins Delfín tornillo no indentificados				
Prorated as eastern Prorrata de d. oriental	375	165	357	157
Prorated as whitebelly Prorrata de d. panza blanca	342	147	321	141
Common dolphins Delfín común	25,794	6,205	24,875	5,220
Other dolphins Otros delfines	5,114	1,543	4,786	1,417
Totals Totales	129,459	9,817	124,597	8,557

**TABLE 17.** Percentages of sets which caught various species or stocks of dolphins. The percentages add up to more than 100 because of sets with mixed species or stocks.**TABLA 17.** Porcentaje de lances en que se capturaron varias especies o stocks de delfines. El porcentaje suma más de 100 debido a lances de especies o stocks mixtos.

Year Año	Offshore spotted Manchado de altamar	Eastern spinner Tornillo oriental	Whitebelly spinner Tornillo panza blanca	Common Común	Other Otros
1979	83.8	18.7	14.1	7.2	9.9
1980	87.8	9.9	22.8	3.9	8.1
1981	89.3	15.2	21.3	2.1	7.8
1982	91.3	13.8	26.1	1.2	9.7
1983	91.8	18.1	34.1	1.1	5.3
1984	94.7	9.6	35.3	0.4	2.3
1985	85.8	26.1	15.5	4.2	6.6
1986	80.3	21.7	15.4	6.9	7.2

**TABLE 18.** Abundance estimates for spotted dolphins, northern offshore stock.**TABLA 18.** Estimación de la abundancia del stock norteño de delfín manchado.

Year Año	Sample size Tamaño de la muestra	Effective track half-width (nm) Semi-ancho de la banda efectiva (mn)	Encounter rate (herds/1000 nm) Tasa de encuentro (manadas/1000 mn)	Average herd size Tamaño medio de la manada	No. of herds No. de manadas	No. of dolphins (thousands) No. de delfines (millares)
1975	765	(2.8)	8.5	690	6940	4820
1976	873	(2.8)	6.9	730	5680	4120
1977	1690	2.8	6.2	850	5080	4340
1978	720	2.7	6.4	730	5510	4040
1979	511	2.4	7.3	520	6930	3590
1980	1438	2.4	5.9	620	5590	3450
1981	1572	2.7	6.2	460	5200	2420
1982	1368	2.4	6.1	510	5670	2920
1983	733	3.2	5.2	300	3750	1140
1984	622	3.2	8.1	430	5680	2450
1985	1905	2.8	8.5	480	6890	3300
1986	2168	2.8	8.4	500	6710	3340

**TABLE 19.** Abundance estimates for spotted dolphins, southern offshore stock. The estimated effective track half-width is 2.5 nm.**TABLA 19.** Estimación de la abundancia del stock sureño de altamar de delfín manchado. El semi-ancho estimado de la banda efectiva es de 2.5 millas náuticas.

Year Año	Sample size Tamaño de la muestra	Encounter rate (herds/1000 nm) Tasa de encuentro (manadas/1000 mn)	Average herd size Tamaño medio de la manada	No. of herds No. de manadas	No. of dolphins (thousands) No. de delfines (millares)
1975	8	-	-	-	-
1976	54	2.5	1030	860	890
1977	42	4.8	990	1650	1630
1978	37	3.7	730	1290	930
1979	46	5.2	1020	1790	1840
1980	47	1.5	570	500	290
1981	58	1.4	550	490	270
1982	75	3.1	720	1060	760
1983	102	4.5	480	1560	760
1984	29	1.7	500	600	300
1985	45	2.3	450	800	360
1986	22	2.5	330	870	290

**TABLE 20.** Abundance estimates for spinner dolphins, eastern stock. The estimates in the last column include unidentified herds, prorated between eastern and whitebelly spinners.

**TABLA 20.** Estimación de la abundancia del stock oriental de delfín tornillo. Las estimaciones de la última columna incluyen manadas no identificadas, prorrateadas entre delfín tornillo oriental y delfín tornillo panza blanca.

Year	Sample size	Effective track half-width (mn)	Encounter rate (herds/1000 nm)	Average herd size	No. of herds	No. of dolphins (thousands)	No. of dolphins (thousands)
Año	Tamaño de la muestra	Semi-ancho de la banda efectiva (mn)	Tasa de encuentro (manadas/1000 mn)	Tamaño medio de la manada	No. de manadas	No. de delfines (millares)	No. de delfines (millares)
1975	136	(2.8)	0.8	650	460	300	910
1976	104	(2.8)	0.4	580	530	300	620
1977	434	2.8	1.4	490	870	430	600
1978	148	2.4	1.0	440	710	320	480
1979	129	3.2	1.2	330	680	220	460
1980	252	2.5	0.8	420	570	240	360
1981	346	2.8	1.4	310	860	260	320
1982	237	2.9	1.0	320	640	200	300
1983	191	2.9	1.7	240	1040	250	310
1984	110	2.9	2.0	310	1210	370	360
1985	708	2.8	2.4	410	1380	570	540
1986	658	3.1	2.2	390	1250	480	660

**TABLE 21.** Abundance estimates for spinner dolphins, northern whitebelly stock. The estimates in the last column include unidentified herds, prorated between eastern and whitebelly spinners.

**TABLA 21.** Estimación de la abundancia del stock norteño de delfín tornillo panza blanca. Las estimaciones de la última columna incluyen manadas no identificadas, prorrateadas entre delfín tornillo oriental y panza blanca.

Year	Sample size	Effective track half-width (mn)	Encounter rate (herds/1000 nm)	Average herd size	No. of herds	No. of dolphins (thousands)	No. of dolphins (thousands)
Año	Tamaño de la muestra	Semi-ancho de la banda efectiva (mn)	Tasa de encuentro (manadas/1000 mn)	Tamaño medio de la manada	No. de manadas	No. de delfines (millares)	No. de delfines (millares)
1975	55	(3.2)	0.5	350	330	120	350
1976	181	(3.2)	2.3	400	1530	620	1260
1977	330	3.2	1.9	350	1290	450	630
1978	162	2.7	2.5	270	1990	530	820
1979	70	2.6	0.7	240	600	150	300
1980	245	2.7	1.7	270	1330	360	530
1981	327	2.0	2.0	220	2040	440	540
1982	230	2.3	1.6	230	1440	340	500
1983	234	2.4	1.8	140	1610	220	270
1984	145	3.9	2.1	220	1100	240	240
1985	270	2.8	3.5	360	2680	960	920
1986	368	3.1	2.2	210	1480	310	420

**TABLE 22.** Abundance estimates for spinner dolphins, southern whitebelly stock. The estimated effective track half-width is 1.9 nm.**TABLA 22.** Estimación de la abundancia del stock sureño de delfín tornillo panza blanca. El semi-ancho estimado de la banda efectiva es de 1.9 mn.

Year Año	Sample size Tamaño de la muestra	Encounter rate (herds/1000 nm) Tasa de encuentro (manadas/1000 mn)	Average herd size Tamaño medio de la manada	No. of herds No. de manadas	No. of dolphins (thousands) No. de delfines (millares)
1975	6	-	-	-	-
1976	49	1.7	270	630	170
1977	30	3.1	300	1130	340
1978	30	2.5	470	910	430
1979	21	1.9	170	700	120
1980	42	1.0	380	380	140
1981	47	1.0	320	370	120
1982	45	1.5	230	560	130
1983	58	2.4	190	850	160
1984	29	1.5	350	540	190
1985	60	2.5	320	910	290
1986	25	2.6	190	940	180

**TABLE 23.** Abundance estimates for common dolphins, northern stock. The estimated effective track half-width is 1.2 nm.**TABLA 23.** Estimación de la abundancia del stock norteño de delfín común. El semi-ancho estimado de la banda efectiva es de 1.2 mn.

Year Año	Sample size Tamaño de la muestra	Encounter rate (herds/1000 nm) Tasa de encuentro (manadas/1000 mn)	Average herd size Tamaño medio de la manada	No. of herds No. de manadas	No. of dolphins (thousands) No. de delfines (millares)
1975	30	1.3	300	430	130
1976	41	1.5	770	500	380
1977	83	1.9	990	650	640
1978	34	1.4	1100	460	510
1979	35	1.6	1140	540	620
1980	109	1.3	1330	440	590
1981	76	1.2	1480	410	600
1982	17	-	-	-	-
1983	45	1.5	640	510	330
1984	2	-	-	-	-
1985	7	-	-	-	-
1986	74	1.5	1220	520	630

**TABLE 24.** Abundance estimates for common dolphins, central stock.**TABLA 24.** Estimación de la abundancia del stock central de delfín común.

Year Año	Sample size Tamaño de la muestra	Effective track half-width (nm) Semi-ancho de la banda efectiva (mn)	Encounter rate (herds/1000 nm) Tasa de encuentro (manadas/1000 mn)	Average herd size Tamaño medio de la manada	No. of herds No. de manadas	No. of dolphins (thousands) No. de delfines (millares)
1975	144	(1.9)	1.5	560	1020	570
1976	167	(1.9)	0.9	570	650	370
1977	324	1.9	1.2	870	800	690
1978	114	1.6	0.7	760	520	390
1979	69	1.4	1.0	790	920	730
1980	75	1.1	0.4	640	500	320
1981	46	1.8	0.3	580	190	110
1982	96	1.4	0.5	700	430	300
1983	35	1.3	0.5	220	440	100
1984	24	1.0	0.4	240	490	120
1985	174	2.0	0.8	590	520	310
1986	199	2.4	0.8	520	440	230

**TABLE 25.** Abundance estimates for common dolphins, southern stock. The estimated effective track half-width is 1.3 nm.**TABLA 25.** Estimación de la abundancia del stock sureño de delfín común. El semi-ancho estimado de la banda efectiva es de 1.3 mn.

Year Año	Sample size Tamaño de la muestra	Encounter rate (herds/1000 nm) Tasa de encuentro (manadas/1000 mn)	Average herd size Tamaño medio de la manada	No. of herds No. de manadas	No. of dolphins (thousands) No. de delfines (millares)
1975	21	2.2	740	1120	830
1976	108	3.9	470	1970	930
1977	26	2.0	980	1000	980
1978	16	-	-	-	-
1979	11	-	-	-	-
1980	58	1.2	590	620	370
1981	49	1.0	1420	520	740
1982	20	0.6	380	300	120
1983	19	-	-	-	-
1984	4	-	-	-	-
1985	26	0.9	370	460	170
1986	9	-	-	-	-



**TABLE 26.** Herd characteristics of bottlenose dolphins stratified by area in the eastern Pacific Ocean. The areas are defined in the text.

**TABLA 26.** Características de las manadas de tonina estratificadas por áreas en el Océano Pacífico oriental. Las áreas están definidas en el texto.

	Area				
	Coastal Costera	Island Insular	Near-coastal Próxima a la costa	Offshore Altamar	Far-western Occidental
Percentage of mixed-species herds	11	6	19	24	32
Porcentaje de manadas de especies mixtas					
Percentage of herd sizes that are:					
Porcentaje de tamaños de manadas que son de:					
1-10 dolphins	49	39	46	52	53
11-49 dolphins	34	41	39	38	34
50+ dolphins	17	20	15	10	13
Median herd size	12	20	12	10	9
Mediana del tamaño de manada					
Mean herd size	94	93	72	40	44
Tamaño promedio de manada					
Sample size	867	228	1149	3170	47
Tamaño de la muestra					

**TABLE 27.** Estimated recruitment in thousands of fish of the X and Y cohorts, and of the X and Y cohorts combined, for 1967-1986. The A estimates correspond to the numbers of fish at the beginning of the first quarter in the fishery. The B estimates correspond to the average numbers of fish alive during the first quarter in the fishery. The latter are the same as values used in Table 28.

**TABLA 27.** Reclutamiento estimado en millares de peces de las cohortes X e Y, y de las dos cohortes combinadas, durante el período 1967-1986. Las estimaciones de A corresponden a las cantidades de peces al comienzo del primer trimestre en la pesca. Las estimaciones de B corresponden al promedio de la cantidad de peces vivos durante el primer trimestre en la pesca. Estos últimos son iguales a los valores usados en la Tabla 28.

	Year Año	Y	X	X + Y
A	Average Promedio	29175	26860	56035
B	1967	15170	20259	35429
	1968	27667	24724	52391
	1969	16849	18423	35272
	1970	18423	18106	36529
	1971	21055	24050	45105
	1972	14184	14787	28971
	1973	23535	19620	42795
	1974	51106	32091	83197
	1975	19672	23598	43270
	1976	22711	18305	41016
	1977	20476	18356	38832
	1978	48642	24984	73626
	1979	28414	30699	59113
	1980	29449	19990	49439
	1981	28681	23559	52240
	1982	18630	18851	37481
	1983	27916	27929	55845
	1984	32945	31726	64671
	1985	35358	48370	83728
	1986	22371	28400	50771
	Average Promedio	26163	24323	50486

**TABLE 28.** Estimated numbers of fish in the population, in thousands, of the X and Y cohorts during the 1968 through 1986 seasons.**TABLA 28.** Cantidades estimadas de la población, en millares, de peces de las cohortes X e Y durante las temporadas 1968 a 1986.

Season Temporada	Quarter Trimestre	Y					X + Y		X			
		IV	III	II	I	O	V +		IV	III	II	I
1968	1	50	704	2096	18364	0	54		104	3638	8266	24724
	2	33	482	1306	13050	0	54		61	2399	6134	20195
	3	24	360	943	8833	16849	54		33	1669	4572	16350
	4	20	292	739	6833	13776	54		27	1303	3636	13247
1969	1	218	539	5169	10881	0	47		908	2546	10448	18423
	2	152	340	3730	7390	0	47		550	1530	7961	14834
	3	124	240	2886	4926	18423	47		450	1078	6253	11721
	4	102	196	2360	3744	15083	47		369	881	5073	9221
1970	1	139	1756	2208	12004	0	150		653	3722	6273	18106
	2	90	1220	1120	8560	0	150		452	2572	3988	14611
	3	74	938	792	5991	21055	150		369	1992	3027	11527
	4	60	768	639	4623	17228	150		302	1631	2457	8867
1971	1	610	429	3312	13362	0	286		1285	1675	5951	24050
	2	499	271	2304	9571	0	286		1002	938	3835	19525
	3	409	210	1788	7176	14184	286		815	626	2873	15707
	4	335	169	1420	5647	11606	286		667	499	2278	12493
1972	1	104	732	4057	8779	0	281		174	1449	9437	14787
	2	60	294	2896	5665	0	281		35	792	6380	12039
	3	49	203	2270	3798	23535	281		24	566	4496	9760
	4	40	165	1809	2828	19254	281		20	457	3533	7921
1973	1	88	957	1706	15086	0	197		242	2531	6352	19260
	2	39	357	964	7656	0	197		102	1685	4854	15626
	3	30	213	706	3319	51106	197		72	1233	3695	12624
	4	25	167	569	2413	41535	197		58	988	2861	10218
1974	1	100	337	1775	31460	0	150		709	1556	8025	32091
	2	57	178	1292	17490	0	150		507	740	6164	25731
	3	44	133	1035	9380	19672	150		411	544	4847	20366
	4	36	101	833	6828	15684	150		333	419	3799	15923
1975	1	53	586	4750	11964	0	72		256	2446	11472	23598
	2	17	380	3294	8562	0	72		136	1417	7725	18632
	3	8	283	2477	6226	22711	72		91	1000	5571	14057
	4	7	228	1815	4851	17576	72		72	784	4273	10609
1976	1	169	1090	3568	11786	0	88		566	3136	7472	18305
	2	117	582	2318	6363	0	88		378	2214	4404	14672
	3	96	366	1540	3524	20476	88		271	1646	2710	11498
	4	78	229	1124	2259	16394	88		194	1268	2001	8732
1977	1	115	716	1470	12081	0	100		937	1395	6468	18356
	2	64	363	965	7447	0	100		698	761	4182	14660
	3	46	152	611	4361	48642	100		533	353	2456	11307
	4	37	58	410	2668	36799	100		417	191	1529	8440
1978	1	25	269	1697	23872	0	86		125	985	6170	24984
	2	13	180	1210	12730	0	86		91	687	4444	16851
	3	8	125	906	6899	28414	86		63	510	3229	10664
	4	6	75	657	4511	20642	86		41	375	2377	7130

TABLE 28. (continued)

TABLA 28. (continuación)

Season Temporada	Quarter Trimestre	Y					X + Y	X			
		IV	III	II	I	O	V +	IV	III	II	I
1979	1	38	432	2819	12867	0	100	243	1545	4672	30699
	2	21	284	1638	7072	0	100	156	901	3205	22911
	3	15	199	1068	4042	29449	100	114	593	2329	15623
	4	12	146	722	2510	20593	100	91	402	1677	10145
1980	1	96	427	1560	13645	0	80	229	1089	6498	19990
	2	64	261	1017	7932	0	80	140	714	4146	14033
	3	50	195	710	4705	28681	80	107	524	2871	9385
	4	41	142	485	3459	22220	80	82	380	2131	6792
1981	1	73	312	2463	15891	0	80	257	1525	4999	23559
	2	34	205	1714	9943	0	80	176	1110	3487	17598
	3	25	127	1214	5415	18630	80	129	819	2415	12878
	4	20	73	829	2897	13949	80	98	584	1681	8921
1982	1	41	553	1512	9579	0	80	423	968	6389	18851
	2	26	391	806	5815	0	80	324	512	5081	13296
	3	20	291	566	3729	27916	80	257	327	4066	9033
	4	16	207	413	2889	20432	80	199	212	3251	6462
1983	1	137	271	2244	14426	0	90	130	2605	5001	27929
	2	99	184	1710	9953	0	90	88	2101	3899	21435
	3	80	137	1269	6973	32945	90	67	1678	3056	15882
	4	65	90	790	5403	26386	90	50	1231	2423	12256
1984	1	50	482	4032	20782	0	100	890	1890	9754	31726
	2	29	332	2927	16103	0	100	695	1433	7768	24287
	3	20	215	2183	12251	35358	100	547	1071	6211	17733
	4	16	122	1547	8840	28817	100	432	727	4790	13149
1985	1	51	1006	6216	23367	0	150	421	3392	10153	48370
	2	12	607	4389	18615	0	150	223	2185	7920	39250
	3	3	383	3105	14750	22371	150	134	1328	6050	31693
	4	2	247	2156	11509	17715	152	98	761	4619	25304
1986	1	144	1339	8112	13839	0	150	411	3362	19645	28400
	2	86	755	5313	10404	0	150	204	2224	15325	22658
	3	57	449	3708	7396	23318	150	107	1422	12212	17830
	4	47	293	2673	5183	17614	150	68	925	9632	13880

**TABLE 29.** Quotas, catches, and class-6 purse-seine catch per day's fishing (CPDF) for yellowfin in the eastern Pacific Ocean, 1967-1986. The quotas and catches are in thousands of short tons and the CPDFs in short tons. The 1986 data are preliminary.

**TABLA 29.** Cuotas, capturas y capturas de cerqueros de la clase 6 de arqueo por día de pesca (CPDP) de aleta amarilla en el Océano Pacífico oriental, 1967-1986. Las cuotas y capturas se indican en millares de toneladas cortas y las CPDP se expresan en toneladas cortas. Los datos de 1986 son preliminares.

Year	Quota	Inside CYRA		Outside CYRA		Total catch
		Catch	CPDF	Catch	CPDF	
Año	Cuota	En el ARCAA		Zona fuera del ARCAA		Captura total
		Captura	CPDP	Captura	CPDP	
1967	84.5	90.1	?	0.0	-	90.1
1968	93	114.5	15.7	1.2	-	115.7
1969	120	126.9	16.1	19.2	20.6	146.1
1970	120	142.4	15.4	30.7	12.0	173.1
1971	140 + (2x10) <sup>a</sup>	113.9	9.8	22.8	10.5	136.6
1972	120 + (2x10)	152.9	15.5	44.8	12.7	197.7
1973	130 + (3x10)	178.0	12.7	49.5	11.9	227.5
1974	175 + (2x10)	191.6	10.0	41.0	10.3	232.6
1975	175 + (2x10)	176.0	8.1	47.7	12.2	223.7
1976	175 + (2x10)	210.5	9.5	50.8	12.7	261.3
1977	175 + (20 + 15)	202.4	7.9	17.8	9.5	220.2
1978	175 + (20 + 15)	184.0	6.6	16.0	9.5	200.0
1979	175 + (20 + 15)	195.0	5.8	15.2	8.2	210.2
1980	none	147.4	4.8	29.6	8.8	177.0
1981	none	174.7	6.0	26.5	7.8	201.2
1982	none	118.7	4.8	20.1	8.7	138.8
1983	none	91.3	5.7	13.5	6.8	104.8
1984	none	142.3	9.5	18.2	11.5	160.5
1985	none	217.0	12.9	23.4	18.7	240.4
1986	none	253.2	17.4	42.7	22.4	295.9

a. “+ (2x10)” indicates two increments of 10 thousand tons each to be added to the quota at the discretion of the Director.

a. “+ (2x10)” indica los dos incrementos de 10 mil toneladas cada uno que se han de agregar a la cuota a discreción del Director.

**TABLE 30.** Annual catches of bigeye, in short tons, by all gear in the Pacific Ocean and by surface and longline gear in the eastern Pacific Ocean during 1954-1986.

**TABLA 30.** Capturas anuales de patudo, en toneladas cortas, obtenidas por todas las artes en el Océano Pacífico y por pesca epipelágica y palangreros en el Océano Pacífico oriental en el período 1954-1986.

Year	Eastern Pacific Ocean		Total Pacific Ocean, all gear
	surface	longline	
Año	Océano Pacífico oriental		Total Océano Pacífico, todas las artes
	pesca epipelágica	palangreros	
1954	303	2,187	
1955	129	2,459	
1956	44	3,271	
1957	75	13,175	
1958	256	14,389	
1959	165	16,231	
1960	202	25,562	
1961	235	72,942	
1962	362	63,503	
1963	83	89,677	
1964	75	56,889	92,900
1965	130	37,346	75,700
1966	294	42,175	85,000
1967	1,620	43,716	87,900
1968	2,821	43,072	73,900
1969	634	63,631	87,900
1970	1,469	40,519	83,800
1971	2,830	34,902	74,700
1972	2,467	43,006	98,000
1973	2,181	61,170	98,400
1974	980	48,669	98,533
1975	4,304	54,762	112,895
1976	11,637	61,348	139,500
1977	8,396	81,333	158,718
1978	12,637	82,015	129,986
1979	8,292	75,098	138,908
1980	17,000	78,928	133,931
1981	10,737		111,445
1982	4,551		119,757
1983	3,576		121,940
1984	6,507		112,149
1985	5,111		
1986	1,691		

**TABLE 31.** Releases and returns of bluefin tagged in the eastern Pacific Ocean during 1958-1980. The 1962-1968 experiments were carried out by the U. S. National Marine Fisheries Service, the California Department of Fish and Game, and the Mission Bay Research Foundation.

**TABLA 31.** Liberación y recaptura de atunes aleta azul marcados en el Océano Pacífico oriental durante 1958-1980. Los experimentos de 1962-1968 fueron llevados a cabo por el National Marine Fisheries Service de los EEUU, el California Department of Fish and Game y Mission Bay Research Foundation.

Release Liberación		Recapture Recaptura														Total Total
Year Año	Number Número	Year 0 Año 0		Year 1 Año 1		Year 2 Año 2		Year 3 Año 3		Year 4 Año 4		Year 5 Año 5		Unknown Desconocido		
		East Este	West Oeste	East Este	West Oeste	East Este	West Oeste	East Este	West Oeste	East Este	West Oeste	East Este	West Oeste	East Este	West Oeste	
1958	122	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	9
1962	960	86	0	83	0	1	3	0	2	0	0	0	0	0	0	175
1963	643	79	0	30	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	115
1964	959	107	0	75	0	17	1	0	0	0	2	0	0	0	0	202
1966	237	63	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	65
1968	35	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
1979	300	35	0	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	40
1980	114	3	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	7

**TABLE 32.** Releases and recaptures of bluefin tagged off Japan in 1980, 1981, and 1982.

**TABLA 32.** Liberaciones y recapturas de aleta azul marcado frente al Japón en 1980, 1981 y 1982.

Year class Generación	Release - Liberación				Recapture - Recaptura							
	Area Zona	Gear Arte	Date Fecha	Number Cantidad	1980		1981		1982		1983	
					West. Oeste	East. Este	West. Oeste	East. Este	West. Oeste	East. Este	West. Oeste	East. Este
1979	Southern Kyushu	troll*	Jan.-Apr. 80	671	122	0	33	24	10	0	3	0
		trap**	May 80	33	3	0	0	0	0	0	0	0
	Sea of Japan	trap	Jan.-Jul. 80	35	32	0	0	0	0	0	0	0
1980	Shikoku Island	troll	Aug.-Sep. 80	106	10	0	1	0	1	0	0	0
1981	Shikoku Island	troll	Jul.-Sep. 81	3,297	-	-	264	0	50	24	5	1
1982	Shikoku Island	troll	Jul.-Aug. 82	237	-	-	-	-	24	0	5	0

\* troll - curricán

\*\* trap - trampa

**TABLE 33.** Input for yield-per-recruit analysis of bluefin.**TABLA 33.** Datos utilizados en el análisis del rendimiento por recluta del aleta azul.

Date	Length (cm)	Weight (kg)	Nat. mort. (annual)	Fish. mort. (annual) 1st-year migrants	2nd-year migrants	Date	Length (cm)	Weight (kg)	Nat. mort. (annual)	Fish. mort. (annual) 1st-year migrants	2nd-year migrants
Fecha	Talla (cm)	Peso (kg)	Mort. nat. (anual)	Mort. pesca (anual) emigrantes 1r año	emigrantes 2do año	Fecha	Talla (cm)	Peso (kg)	Mort. nat. (anual)	Mort. pesca (anual) emigrantes 1r año	emigrantes 2do año
Mar. 1	0.00					May 1	80.36	12.86	0.6		
Apr. 1	3.81					Jun. 1	82.77	12.99	0.6	0.5	0.5
May 1	7.57					Jul. 1	85.15	14.03	0.6	1.0	1.0
Jun. 1	11.26					Aug. 1	87.48	15.10	0.6	1.0	1.0
Jul. 1	14.87	0.07	0.6	0.5	0.5	Sep. 1	89.77	16.20	0.6	1.0	1.0
Aug. 1	18.43	0.13	0.6	1.0	1.0	Oct. 1	92.03	17.33	0.6	0.5	0.5
Sep. 1	21.93	0.22	0.6	1.0	1.0	Nov. 1	94.24	18.49	0.6		
Oct. 1	25.36	0.35	0.6	1.0	1.0	Dec. 1	96.41	19.67	0.6		
Nov. 1	28.74	0.52	0.6	1.0	1.0	Jan. 1	98.55	20.89	0.6		
Dec. 1	32.05	0.73	0.6	0.5	1.0	Feb. 1	100.65	22.12	0.6		
Jan. 1	35.31	1.00	0.6		1.0	Mar. 1	102.71	23.38	0.6		
Feb. 1	38.51	1.32	0.6		1.0	Apr. 1	104.74	24.66	0.6		
Mar. 1	41.66	1.70	0.6		1.0	May 1	106.73	25.97	0.6		
Apr. 1	44.75	2.15	0.6		1.0	Jun. 1	108.69	27.29	0.6	0.5	0.5
May 1	47.79	2.68	0.6		1.0	Jul. 1	110.61	28.63	0.6	1.0	1.0
Jun. 1	50.77	3.05	0.6	0.1	1.0	Aug. 1	112.50	30.14	0.6	1.0	1.0
Jul. 1	53.70	3.63	0.6	1.0	1.0	Sep. 1	114.36	31.36	0.6	1.0	1.0
Aug. 1	56.58	4.27	0.6	1.0	0.5	Oct. 1	116.18	32.74	0.6	0.5	0.5
Sep. 1	59.42	4.98	0.6	1.0		Nov. 1	117.97	34.14	0.6		
Oct. 1	62.20	5.75	0.6	0.5		Dec. 1	119.73	35.55	0.6		
Nov. 1	64.93	6.58	0.6			Jan. 1	121.46	36.97	0.6		
Dec. 1	67.62	7.47	0.6			Feb. 1	123.16	38.41	0.6		
Jan. 1	70.25	8.42	0.6			Mar. 1	124.83	39.85	0.6		
Feb. 1	72.85	9.44	0.6			Apr. 1	126.47	41.30	0.6		
Mar. 1	75.39	10.52	0.6			May 1	128.09	42.72	0.6		
Apr. 1	77.90	11.66	0.6			Jun. 1	129.67	44.22	0.6	0.5	0.5
						Jul. 1	131.22				



## **INFORME ANUAL DE LA COMISION INTERAMERICANA DEL ATUN TROPICAL, 1986**

### **INTRODUCCION**

La Comisión Interamericana del Atún Tropical funciona bajo la autoridad y dirección de un convenio suscrito inicialmente por la República de Costa Rica y los Estados Unidos de América. El convenio, que rige desde 1950, permite la afiliación de otros gobiernos cuyos ciudadanos pescan atún en el Pacífico oriental tropical. Bajo estas disposiciones, se afilió Panamá en 1953, Ecuador en 1961, los Estados Unidos Mexicanos en 1964, Canadá en 1968, Japón en 1970, y Francia y Nicaragua en 1973. Ecuador se retiró de la Comisión en 1968, México en 1978, Costa Rica en 1979 y Canadá en 1984.

Las principales obligaciones de la Comisión, según el Convenio, son (1) estudiar la biología de los atunes y especies afines en el Océano Pacífico oriental para determinar los efectos de la pesca y los factores naturales sobre su abundancia y (2) recomendar medidas apropiadas de conservación para que los stocks de peces se puedan mantener a niveles que permitan capturas máximas sostenibles.

En 1976 se ampliaron las obligaciones de la Comisión al incluir los problemas ocasionados por la relación atún-delfín en el Océano Pacífico oriental. Los objetivos acordados en torno a esta cuestión son: "[1] mantener la producción atunera a un alto nivel; [2] mantener las poblaciones de delfines a niveles o sobre niveles que garanticen su supervivencia a perpetuidad; [3] trabajar en cuanto sea posible para evitar la muerte innecesaria o por descuido de los delfines en las maniobras de pesca". Las áreas específicas de participación serían: (1) investigación de la magnitud de las poblaciones y la mortalidad incidental por pesca mediante la recopilación de datos a bordo de embarcaciones atuneras de cerco; (2) realización de reconocimientos aéreos y marcado de delfines; (3) análisis de índices de abundancia de los delfines y realización de estudios simulados en computadora; y (4) investigación y entrenamiento sobre artes de pesca y comportamiento de los delfines.

Para cumplir estos objetivos, la Comisión debe efectuar una gran variedad de estudios en el mar, en los puertos donde se desembarca el atún y en el laboratorio. Los estudios son realizados por un equipo permanente de investigadores contratados a nivel internacional por el Director, quién a su vez responde directamente ante los delegados de esta entidad. (Véase el Anexo 1).

El programa científico se encuentra en su XXXVI año. Los resultados de las investigaciones son publicados en inglés y español, los dos idiomas oficiales, en la serie de boletines de la Comisión. La revisión anual de la administración y de las actividades de la Comisión se describen en un informe anual bilingüe. Se publican otros artículos en los informes especiales de la Comisión, en libros, revistas científicas externas y en publicaciones comerciales. A fines de 1986, la Comisión había publicado 122 boletines, 35 informes anuales, 5 Informes Especiales, 5 libros y 291 capítulos y artículos en libros y revistas externas. Estos escritos han tenido

una amplia divulgación mundial, encontrándose al alcance de la crítica de gran parte de la comunidad científica.

### **REUNIONES DE LA COMISION**

En 1986 no hubo reunión de la Comisión. Desde 1972, las principales reuniones de la CIAT se han efectuado en octubre, noviembre o diciembre, de manera que las recomendaciones de los investigadores sobre disposiciones para el año siguiente pudieran ser tomadas en cuenta antes del inicio del nuevo año pesquero. Sin embargo, la pesquería no ha estado sujeta a reglamentación desde 1979, por lo que en la XLIII reunión en 1985 se decidió efectuar la siguiente reunión en mayo de 1987. Esto permitiría que los investigadores presentaran informes basados en estadísticas casi completas de captura y esfuerzo correspondientes a 1986, en lugar de que sus informes se basaran en los datos preliminares disponibles a fines de 1986.

### **ADMINISTRACION**

#### **PRESUPUESTO**

En la XLI reunión, efectuada el 19 y 20 de octubre de 1983 en Ottawa, Canadá, la Comisión aprobó unánimemente el presupuesto presentado por el Director por la suma de \$2,992,567 para el año fiscal 1985-1986. Sin embargo, la cantidad aportada por las naciones afiliadas en el año fiscal 1985-1986 fue de \$2,753,320 dólares, lo que equivale a una reducción de \$239,247 dólares respecto de la suma recomendada y aprobada. A consecuencia de esto, los investigadores tuvieron que cancelar los experimentos de marcado programados para dicho año fiscal.

#### **INFORME FINANCIERO**

La contabilidad de la Comisión para el año fiscal 1984-1985 fue revisada por Peat, Marwick, Mitchell and Co. En el Anexo 2 del presente documento se presentan las tablas compendiadas de dicho informe.

### **COLABORACION ENTRE ENTIDADES AFINES**

Durante 1986 el equipo de investigadores continuó desarrollando vínculos estrechos con organizaciones de investigación en instituciones universitarias, privadas y de gobierno a nivel local, nacional e internacional. Esta reciprocidad permite que los investigadores se mantengan al corriente de los avances y el desarrollo actual en la investigación pesquera y oceanográfica mundial. A continuación se describen algunos aspectos de dichas relaciones.

Las oficinas principales de la Comisión se encuentran en los terrenos de Scripps Institution of Oceanography en La Jolla, California, uno de los principales centros mundiales de ciencias marinas y sede de varias agencias federales y estatales de pesca, oceanografía y ciencias auxiliares. Esta ubicación fomenta el contacto

frecuente entre los investigadores de la CIAT y los científicos de estas entidades.

Durante el año se mantuvo la relación cordial y productiva con la Comisión Permanente del Pacífico Sur (CPPS), la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), la Comisión Internacional para la Conservación del Atún Atlántico (CICAA), la South Pacific Commission (SPC) y otros organismos internacionales. En 1985 la Comisión comenzó a colaborar con la Organización Latinoamericana de Desarrollo Pesquero (OLDEPESCA), una nueva entidad pesquera establecida en 1984 dentro de la estructura del Sistema Económico de América Latina (SELA), colaboración que se mantuvo durante 1986. Durante 1985 y 1986, la Comisión también trabajó estrechamente con el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), especialmente a través del Plan Global de Acción para la Conservación, Manejo y Utilización de los Mamíferos Marinos. El trabajo se ha centrado en la ampliación del programa atún-delfín de la CIAT en América Latina. El PNUMA ha proporcionado fondos para desarrollar este trabajo.

Durante 1986 la Comisión trabajó en estrecha colaboración con agencias pesqueras de naciones afiliadas a la CIAT y con instituciones similares de diversos países no afiliados. Desde 1977 los investigadores de la CIAT han entrenado técnicos científicos para que recopilen, a bordo de barcos atuneros, datos sobre la abundancia, la mortalidad, y otros aspectos de la biología de los delfines. Diversas organizaciones gubernamentales, instituciones educativas y representantes del sector industrial han colaborado activamente en el entrenamiento y colocación de estos técnicos. A través de los años, varios científicos de distintos países han visitado las oficinas principales de la Comisión, permaneciendo durante varias semanas o meses, para aplicar a sus propios datos y material de trabajo, los métodos que les enseñaron los científicos de la CIAT. En 1986, por ejemplo, se enseñó a un estudiante de postgrado de la University of British Columbia a usar técnicas para el estudio de los otolitos de ejemplares pequeños de atún aleta amarilla que se recolectarían en las Filipinas para un estudio patrocinado por el Indo-Pacific Development and Management Programme.

La existencia de un laboratorio de investigación de la CIAT en Panamá, descrito en la sección titulada *Oficinas Regionales*, permite una colaboración más estrecha entre los investigadores de la CIAT y el personal de las agencias pesqueras panameñas. La presencia de científicos de la Comisión en este laboratorio ha permitido que proporcionen asistencia a los científicos locales para la realización de proyectos de investigación fuera del campo de los túnidos. Se han iniciado estudios sobre el pargo, lográndose importantes avances en este tema, que se analiza en la sección denominada *Laboratorio de Achotines*.

## OFICINAS REGIONALES

La Comisión tiene oficinas regionales en San Pedro (California), Manta (Ecuador), Ensenada (México), Panamá (República de Panamá), Coishco (Perú), Mayaguez (Puerto Rico) y Cumaná (Venezuela). Los científicos y técnicos que trabajan allí recopilan estadísticas sobre los desembarcos, hacen extractos de las

bitácoras de los barcos atuneros para obtener datos de captura y esfuerzo, miden peces y recopilan demás datos sobre su biología, y colaboran en el entrenamiento y colocación de técnicos científicos a bordo de barcos que participan en el programa atún-delfín de la Comisión. Este trabajo no sólo se lleva a cabo en los puertos nombrados anteriormente, sino que también se efectúa en otros puertos de Colombia, Costa Rica, Ecuador, México, Panamá, Perú, Puerto Rico, y Venezuela, mediante visitas periódicas del personal. Sin embargo, el personal de la Comisión no siempre desempeña todas estas labores en los países antes mencionados; en 1986, por ejemplo, las actividades relacionadas con el programa atún-delfín sólo se llevaron a cabo en Ecuador, México, Panamá y Venezuela.

La Comisión tiene, además, un laboratorio en Panamá, situado en la Bahía de Achotines, al oeste de Punta Mala en la Península de Azuero. El laboratorio de Achotines se emplea principalmente para estudios sobre las primeras etapas del ciclo vital de los atunes. Estos estudios son muy importantes, ya que la adquisición de información sobre el ciclo vital de los atunes antes de su reclutamiento en la pesca servirá para eliminar, en gran medida, la incertidumbre en las evaluaciones sobre la situación de los diversos stocks de estas especies. La Comisión piensa ampliar las instalaciones del laboratorio para poder acomodar a investigadores de otras agencias, como por ejemplo personal de la Dirección General de Recursos Marinos de Panamá, la Universidad de Panamá, etc.

### **PUBLICACIONES E INFORMES**

La pronta y completa publicación de los resultados de investigación es uno de los elementos más importantes del programa científico de la Comisión. Por este medio los gobiernos miembros, la comunidad científica y el público en general se mantienen informados de los resultados de las investigaciones realizadas por los científicos de la CIAT. La publicación de datos básicos, métodos de análisis y las conclusiones resultantes, permiten que otros investigadores evalúen y critiquen los estudios, lo que sirve para verificar la validez de los resultados logrados por el personal de la CIAT y, simultáneamente, sirve para despertar el interés de otros investigadores en dicha labor. Las publicaciones del equipo de investigadores, recibidas durante 1986, se señalan en el Anexo 3 del presente informe.

### **LA PESCA EN 1986**

En años anteriores, los investigadores de la CIAT han recomendado el establecimiento de cuotas de captura en el Área de Regulación de la Comisión para el Aleta Amarilla (ARCAA, Figura 1), las que han sido aprobadas y puestas en práctica por las naciones que participan en la pesquería. Durante el período 1966-1979 dichas cuotas fueron aprobadas y puestas en práctica. En la XXXVII Reunión de la CIAT, realizada en octubre de 1979, no se llegó a un acuerdo sobre el programa de conservación del atún aleta amarilla para 1980. Posteriormente se acordó una cuota de 165,000 toneladas cortas, con una cláusula que autorizaba un aumento a discreción del Director de la CIAT; sin embargo, la cuota no entró

en vigencia. Desde la XXXVIII Reunión hasta la XLII Reunión, el personal de la CIAT recomendó cuotas de 160,000 toneladas en 1981 y 1982, 170,000 toneladas en 1983, 162,000 toneladas en 1984 y 174,000 toneladas en 1985, con cláusulas que autorizaban incrementos a discreción del Director según los resultados de los análisis sobre la situación del stock efectuados por los investigadores. Dichas cuotas fueron aprobadas pero no entraron en vigencia. En la XLIII reunión, celebrada en octubre de 1985, el personal de la CIAT recomendó una cuota de 175,000 toneladas para 1986, con una cláusula que autorizaba incrementos hasta una captura máxima de 205,000 toneladas. Nuevamente la cuota fue aprobada pero no entró en vigencia (véase la resolución en el Informe Anual de 1985).

No se ha demostrado, hasta la fecha, la necesidad de aplicar medidas de conservación a otras especies de túnidos explotados por la pesca en el Océano Pacífico oriental (OPO).

## ESTADISTICAS DE CAPTURAS Y DESEMBARCOS

Los datos estadísticos de las oficinas regionales de la Comisión se recopilan y procesan en forma ininterrumpida. Se obtienen así estimaciones de estadísticas pesqueras con diversos grados de exactitud y precisión. Puesto que la elaboración de la información definitiva puede tardar más de un año, las estadísticas anuales del presente informe son las más recientes y reemplazan a las anteriores. Los datos sobre el peso se expresan en toneladas cortas.

En la Tabla 1 se presenta la estimación anual de la captura de distintas especies de atunes y peces afines desembarcadas por barcos que pescan aleta amarilla, barrilete o aleta azul en el ARCAA durante todo o parte del año, correspondientes al período 1961-1986. (Aunque la tabla sólo contiene datos sobre la captura de la pesca epipelágica, también incluye datos de la captura de aleta amarilla en el ARCAA por la pesca palangrera.) Los datos de captura de aleta amarilla en el ARCAA y de barrilete y aleta azul en el OPO están casi completos, salvo por ciertas cantidades mínimas de las tres especies, capturadas por barcos deportivos y de pesca artesanal, y por las capturas de barrilete y aleta amarilla de la pesca palangrera. Los datos de captura del Océano Pacífico occidental y el Océano Atlántico señalados en la Tabla 1 no son estimaciones de la captura total de estas especies puesto que no incluyen datos correspondientes a embarcaciones que no pescaron en el ARCAA durante el año en cuestión. La Tabla 1 no incluye, asimismo, grandes cantidades de patudo capturado por la pesca palangrera en el Pacífico oriental; esos datos se señalan en la Tabla 30.

Las estimaciones preliminares indican que la captura de aleta amarilla en el OPO en 1986 será la más abundante en la historia de la pesquería, con una captura en el ARCAA cercana a las 253 mil toneladas y una captura de aproximadamente 43 mil toneladas en las aguas comprendidas entre el ARCAA y los 150°W (señalada como "exterior" en la Tabla 1). Esta captura de casi 296 mil toneladas es aproximadamente 35 mil toneladas mayor que la anterior captura máxima de 261 mil toneladas lograda en 1976. Durante el período 1976-1985 la captura de aleta amarilla en el ARCAA alcanzó un promedio de casi 168 mil toneladas (abarcando un intervalo de 91 a 217 mil toneladas) y en el OPO alcanzó un promedio de

aproximadamente 191 mil toneladas (entre 105 y 261 mil toneladas). La captura abundante de 1986 se debió parcialmente a las capturas reducidas de aleta amarilla en el OPO durante 1982 y 1983 (139 y 105 mil toneladas, respectivamente) lo que permitió el aumento de la magnitud de la población. La captura reducida de 1983 se debió principalmente a la baja vulnerabilidad de captura de los peces por las condiciones oceanográficas y al desplazamiento del esfuerzo desde el Pacífico oriental hacia el Pacífico occidental.

La captura de barrilete en el OPO durante 1986 sólo alcanzó unas 70 mil toneladas, que equivale aproximadamente a 37 por ciento del punto máximo de 1978 cercano a las 187 mil toneladas. Durante el período 1976-1985 la captura de barrilete en el OPO alcanzó un promedio de aproximadamente 114 mil toneladas (entre 55 y 187 mil toneladas). Desde 1983, sin embargo, la captura de barrilete ha oscilado entre 55 y 70 mil toneladas. Se piensa que esto se debe, al menos parcialmente, a la baja demanda de barrilete y a la correspondiente intensificación del esfuerzo en áreas en que predomina el aleta amarilla.

La captura estimada de todos los túnidos en el OPO, que alcanzó aproximadamente 376 mil toneladas en 1986, sólo ha sido superada anteriormente en tres ocasiones: 1975, 398 mil toneladas, 1976, 435 mil toneladas, y 1978, 417 mil toneladas.

Los atuneros que pescan en el OPO también operan ocasionalmente en otras regiones en el mismo año. Durante 1986, algunas embarcaciones que forman parte de la flota del OPO pescaron además en el Pacífico occidental, o en el Océano Atlántico y el Mar Caribe. Durante el período 1980-1985 estas embarcaciones obtuvieron una captura promedio de aproximadamente 25 mil toneladas (un intervalo de 6 a 84 mil toneladas) en el Pacífico occidental, mientras que en el Atlántico y el Caribe obtuvieron una captura promedio de aproximadamente 12 mil toneladas (un intervalo de 9 a 17 mil toneladas). Las capturas máximas de la flota atunera del OPO en estas zonas se obtuvieron en 1983, año en que se registró la menor captura total en el OPO (181 mil toneladas) desde 1961. Las estimaciones preliminares indican que la captura total en estas regiones por la flota del OPO en 1986 fue de aproximadamente 8 mil toneladas en el Pacífico occidental y de 3 mil toneladas en el Atlántico y el Caribe.

En las Tablas 2-5 se presentan las capturas de 1985 y las capturas preliminares de 1986, obtenidas en el ARCAA y en el OPO, clasificadas por abanderamiento y desembarco por país. El desembarco se define como la cantidad de peces descargados durante un año civil, independientemente del año de captura. El país de desembarco es aquel en que se descargaron los peces o, en el caso de trasbordos, el país que recibió los peces trasbordados. A partir de 1984, los propietarios de embarcaciones que navegan con pabellón estadounidense comenzaron a alquilar sus servicios a compañías ecuatorianas y venezolanas. La captura de 1985 lograda por embarcaciones bajo bandera estadounidense incluye las capturas de dos embarcaciones fletadas por una compañía ecuatoriana y siete naves fletadas por una compañía venezolana durante todo el año o parte del mismo. La captura de 1986 incluye la captura de tres embarcaciones fletadas por una compañía venezolana.

El atún aleta amarilla fue, sin duda, el componente más importante de las capturas totales de 1985 y 1986, alcanzando el 78 por ciento del total de todas las especies capturadas en el OPO en 1985, y aproximadamente el 79 por ciento en 1986. De la captura total de aleta amarilla de aproximadamente 240 mil toneladas lograda en el OPO durante 1985, el 90 por ciento fue capturado en el ARCAA. En 1986, el 86 por ciento de la captura de 296 mil toneladas se obtuvo en el ARCAA. En 1985 y 1986 las mayores capturas dentro del ARCAA fueron logradas por embarcaciones de bandera ecuatoriana, mexicana y estadounidense, correspondiendo el 79 por ciento a 1985 y aproximadamente el 74 por ciento a 1986. Fuera del ARCAA, las embarcaciones de bandera mexicana y estadounidense obtuvieron el 95 por ciento y aproximadamente el 99 por ciento de las capturas totales en 1985 y 1986, respectivamente.

El atún capturado en el ARCAA durante 1985 y 1986 fue desembarcado principalmente en Ecuador, Estados Unidos y México, correspondiendo a dichas naciones aproximadamente el 81 por ciento del total de peces desembarcados en 1985 y aproximadamente el 71 por ciento en 1986. La mayoría de los peces capturados fuera del ARCAA durante esos dos años fueron enviados a Estados Unidos e Italia (81 por ciento en 1985 y 93 por ciento en 1986).

Durante el período 1981-1985 aproximadamente el 50 por ciento de la captura de aleta amarilla registrada en las bitácoras se obtuvo en la zona comprendida entre 5°N y 15°N (Tablas 6 y 7). Las estimaciones preliminares de 1986 indican que entre 75 y 80 por ciento de la captura de aleta amarilla se obtuvo en ésta región. En la Figura 2 se señala la distribución de la captura de aleta amarilla en el Pacífico oriental registrada por embarcaciones cerqueras. En cuanto al barrilete, las aguas al sur de 10°N han proporcionado aproximadamente el 70 por ciento de la captura registrada durante el período 1981-1985, de la cual aproximadamente el 20 por ciento se obtuvo al sur de la línea ecuatorial (Tablas 6 y 7). Las estimaciones preliminares de 1986 indican que se efectuó aproximadamente el 90 por ciento de la captura total de barrilete registrada en el OPO al sur de 10°N, pero que solamente se efectuó un 5 por ciento de ésta al sur de la línea ecuatorial (Tablas 6 y 7). La distribución de la captura cerquera registrada de barrilete en el Pacífico oriental se señala en la Figura 3.

De acuerdo con los términos del convenio bajo el cual se estableció la Comisión Interamericana del Atún Tropical, el objetivo primordial de los estudios efectuados por la Comisión es vigilar la condición de los stocks de atunes y otras especies capturadas en el Océano Pacífico oriental. Si se consideran los hábitos migratorios de los atunes, la movilidad de los barcos de las flotas atuneras de varias naciones y el carácter internacional del comercio atunero, las estadísticas de captura y esfuerzo deben ser analizadas desde el punto de vista de las estadísticas mundiales.

El personal de la Comisión hace estimaciones habituales de las capturas mundiales de atún y especies afines. La metodología usada para obtener las estimaciones se señalan en el Informe Interno No. 11 de la CIAT. La estimación de las capturas mundiales de atún y especies afines correspondiente a 1985, el año más reciente del que se tienen datos, se presenta en las Figuras 4 y 5. En

la Figura 6 se presenta un resumen de las capturas de las principales especies comerciales, clasificadas por océano, obtenidas durante el período 1975-1985.

### LA FLOTA ATUNERA DEL OCEANO PACIFICO ORIENTAL

La Comisión mantiene registros del abanderamiento, las artes de pesca, y la capacidad de acarreo de la mayoría de las embarcaciones que pescan aleta amarilla, barrilete o aleta azul en el Océano Pacífico oriental. Sin embargo, no se mantienen registros de embarcaciones palangreras del Lejano Oriente, de barcos de pesca deportiva ni de canoas, lanchas u otras embarcaciones pequeñas.

Para los informes, se clasificaron las embarcaciones según su capacidad de acarreo, en las siguientes clases de arqueo: clase 1, menos de 51 toneladas; clase 2, 51-100 toneladas; clase 3, 101-200 toneladas; clase 4, 201-300 toneladas; clase 5, 301-400 toneladas y clase 6, más de 400 toneladas. (Esta clasificación no debe confundirse con las 8 clases de arqueo usadas para calcular la captura por tonelada de capacidad de acarreo descrita en la sección *Captura por tonelada de capacidad de acarreo*.) Los registros de desembarco de cada nave se revisan anualmente y se ajusta la capacidad de acarreo cuando es necesario. La capacidad de acarreo de las nuevas embarcaciones se basa en las estimaciones de los armadores y propietarios. En las estimaciones anuales del tamaño de la flota pesquera epipelágica se incluyen todas las embarcaciones que pescaron en el OPO durante el año, salvo los barcos palangreros del Lejano Oriente y los barcos pequeños mencionados en el párrafo anterior. Las embarcaciones que cambiaron de bandera se señalan bajo la nueva bandera si, en ese año, iniciaron por lo menos un viaje bajo el nuevo pabellón.

Gracias a la construcción de nuevas embarcaciones cerqueras de gran tamaño, la capacidad de la flota aumentó de aproximadamente 46,300 toneladas en 1967 a 184,900 toneladas en 1976. Durante el período 1977-1981, la capacidad de la flota se mantuvo relativamente estable, con un aumento aproximado de sólo 1,500 toneladas. Aunque la construcción de nuevas embarcaciones continuó durante ese período, la capacidad adicional fue contrarrestada por pérdidas ocasionadas por embarcaciones que se fueron a pique o que fueron retiradas de la pesca. Las embarcaciones que fueron dadas de baja, junto con las que abandonaron el Pacífico oriental para dedicarse a la pesca en otras regiones, entre las que destaca el Pacífico occidental, ocasionaron una reducción de aproximadamente 16,000 toneladas en la capacidad de la flota en 1982. Esta tendencia se mantuvo hasta 1984 a raíz de la merma de las tasas de captura en el Pacífico oriental ocasionada por el evento de El Niño durante el período 1982-1983. La capacidad de la flota disminuyó en aproximadamente 29,000 toneladas durante 1983 y, en 1984, sufrió una reducción adicional de 25,300 toneladas. La capacidad de la flota en 1984 fue de aproximadamente 116,400 toneladas, la menor capacidad desde 1971. Sin embargo, debido al retorno de embarcaciones que se habían desplazado al Pacífico occidental, la capacidad de la flota aumentó a 129,500 toneladas en 1985. En la Tabla 8 se señalan las estimaciones anuales del número de embarcaciones y la capacidad de acarreo de la flota atunera epipelágica en el OPO entre 1965 y 1986, y los cambios de capacidad en relación con el año anterior.



En la Tabla 9 se señala el número de embarcaciones y la capacidad de acarreo de la flota atunera epipelágica del Pacífico oriental en 1985, clasificada por abanderamiento, arte de pesca y clase de arqueo. La magnitud de la flota en 1986 fue casi 7 mil toneladas menor que en 1985. De este total de aproximadamente 123 mil toneladas, cerca de 121 mil toneladas corresponden a embarcaciones cerqueras y las 2 mil restantes corresponden a barcos de carnada. Los barcos curricaneros que pertenecían a la flota en 1985 abandonaron la pesquería ese mismo año. En la pesca epipelágica del OPO participaron barcos de 11 naciones diferentes, correspondiendo aproximadamente el 67 por ciento de las 176 embarcaciones a barcos de bandera mexicana y estadounidense, con 55 y 61 embarcaciones respectivamente. Estas 116 embarcaciones poseían, en conjunto, aproximadamente 86 mil toneladas de capacidad. Las embarcaciones de bandera mexicana y estadounidense sumaban 142 embarcaciones del total de 197 naves de la flota del OPO en 1985, y entre ambas naciones poseían aproximadamente 97 mil toneladas de las 129 mil toneladas de capacidad.

## INVESTIGACION EN 1986

### ABUNDANCIA DE LOS TUNIDOS Y EXITO DE LA PESCA

#### *Tendencias anuales en la captura por unidad de esfuerzo (CPUE)*

Los investigadores de la Comisión emplean la captura por día de pesca (CPDP) y la captura por día normal de pesca (CPDNP) como índices de abundancia aparente y también como una medida general del éxito de la pesca. Los datos se obtienen de los registros de bitácora de la mayoría de las embarcaciones que pescan atún en el Océano Pacífico oriental. Los datos que no se ajustan a ciertos criterios de exactitud y composición de las especies se eliminan del análisis antes de realizar los cálculos. Durante los años 50, cuando la mayor parte de la captura era lograda por barcos de carnada, los datos de captura y de la CPDP de los barcos de carnada de diferentes clases de arqueo se normalizaban para calcular la CPDNP de barcos de carnada de la Clase 4 de arqueo (embarcaciones con capacidad de 201-300 toneladas cortas de atún congelado). Posteriormente, cuando la mayor parte de las embarcaciones fueron adaptadas a la pesca con red de cerco, los datos de captura y de CPDP de los barcos cerqueros se normalizaron para calcular la CPDNP para cerqueros de la clase 3 de arqueo (embarcaciones de 101 a 200 toneladas cortas de capacidad). A medida que se reemplazaban los barcos pequeños por embarcaciones más grandes, se comenzó a calcular la CPDNP para cerqueros de la clase 6 de arqueo (embarcaciones con más de 400 toneladas cortas de capacidad) y finalmente se calculó la CPDP para cerqueros de la clase 6 de arqueo, omitiendo datos correspondientes a barcos más pequeños. La CPDP y la CPDNP pueden verse afectadas por ciertos factores, tales como los cambios temporales y geográficos en la estrategia pesquera, la distribución del esfuerzo y la vulnerabilidad de los peces con respecto a la captura. Algunos de estos cambios pueden calcularse, haciendo los ajustes correspondientes, suponiendo que otros, tales como los provocados por condiciones ambientales, se compensan a la larga.

Los datos combinados de la CPUE de aleta amarilla y barrilete durante el período 1959-1986 se señalan en el recuadro superior de la Figura 7. Los datos del período 1968-1986 son datos de la CPDP de barcos cerqueros de la clase 6 de arqueo. Los del período 1959-1967 son datos de la CPDNP de barcos de carnada de la clase 4 de arqueo, multiplicados por 2.82; este ajuste es una compensación por el hecho de que los cerqueros de la clase 6 de arqueo son aproximadamente 2.82 veces más eficientes que los barcos de carnada de la clase 4 de arqueo. El factor de ajuste de 2.82 se calculó a partir de datos combinados de la CPDP de aleta amarilla y barrilete de cerqueros de la clase 6 de arqueo y barcos de carnada de la clase 4 de arqueo que pescaron en el mismo estrato de tiempo y zona entre 1965 y 1974, período en que una cantidad suficiente de ambos tipos de barcos se dedicaron a esta pesquería. Puesto que los datos del período 1968-1986 corresponden a la clase 6 de arqueo y los del período 1959-1967 fueron ajustados al equivalente de la CPDP para embarcaciones de la clase 6 de arqueo, de ahora en adelante se denominarán datos de la CPDP.

Para estimar el esfuerzo total en días cerqueros de embarcaciones de la clase 6 de arqueo, las capturas totales y combinadas de aleta amarilla y barrilete obtenidas al este de 150°W en viajes no regulados durante cada año se dividieron por la CPDP de ambas especies obtenidas en viajes no regulados. A continuación se dividieron las capturas totales de aleta amarilla y de barrilete por estas estimaciones del esfuerzo total para obtener la CPDP de cada especie. Los datos correspondientes se señalan en el recuadro central y en el recuadro inferior de la Figura 7.

#### ***Atún aleta amarilla***

El valor preliminar de la CPDP en 1986, que alcanzó 16.2 toneladas por día, es el más alto registrado hasta la fecha. Los valores máximos registrados anteriormente se produjeron en 1969, con 14.3 toneladas, y en 1960, con 14.2 toneladas. Durante el período 1959-1972 la CPDP osciló entre 9 y 14 toneladas por día, alcanzando valores mínimos en 1959, 1962 y 1971 y valores máximos en 1960, 1968 y 1969. A partir de 1973 la CPDP comenzó a disminuir, llegando a un valor mínimo de 4.9 toneladas en 1982, momento a partir del cual comenzó a recuperarse notablemente. Sin embargo, la pesquería ha cambiado mucho desde los años 60, por lo que se debe proceder con cautela al comparar datos de años precedentes con los de años más recientes. El principal problema se debe al hecho de que la pesca con barcos de carnada opera relativamente cerca de la costa y casi exclusivamente al norte de 15°N, mientras que la pesca cerquera es tanto costera como de altura y opera hasta aproximadamente 20°S. Los valores de esta figura difieren ligeramente de los promedios ponderados de los valores de la CPDP del interior y exterior del ARCAA señalados en la Tabla 29 porque los valores de la figura se obtuvieron a partir de datos de capturas totales de aleta amarilla y barrilete, mientras que los datos de la tabla corresponden exclusivamente a datos de captura de aleta amarilla.

#### ***Barrilete***

Durante el período 1959-1968 la CPDP de barrilete alcanzó un promedio de

aproximadamente 10.0 toneladas diarias, con un promedio máximo de 16.0 toneladas en 1967 y un promedio mínimo de 5.5 toneladas en 1960. A fines de la década de 1960 muchos cerqueros pequeños fueron reemplazados por otros más grandes, para los cuales es más productivo pescar en zonas con mayor abundancia de aleta amarilla y menor abundancia de barrilete, produciéndose así valores reducidos de la CPDP de barrilete. Durante el período 1969-1986, el promedio diario de la CPDP fue de 4.2 toneladas, con un promedio máximo de 7.5 toneladas diarias en 1978 y promedios mínimos de 2.4 toneladas diarias en 1972 y 1973. Al igual que en el caso del aleta amarilla, se debe proceder con cautela al comparar datos más antiguos con datos más recientes. Además del probable sesgo causado por el hecho de que, en años recientes, el esfuerzo se dirigió en mayor medida a la pesca de aleta amarilla y en menor medida a la pesca de barrilete, se debe considerar el problema creado por la región restringida de la pesca con carnada, señalado en la sección sobre aleta amarilla.

### ***Captura por tonelada de capacidad de acarreo***

La captura por tonelada de capacidad de acarreo (CPTCA) de la flota del OPO sirve como índice de las tendencias del ingreso relativo bruto por año de las embarcaciones de diferentes tamaños. La clasificación tradicional de la CIAT divide las embarcaciones en seis clases según su capacidad; sin embargo, para lograr un índice más detallado, se han clasificado las embarcaciones de acuerdo con el tamaño, de la siguiente manera: 1, <301 toneladas; 2, 301-400 toneladas; 3, 401-600 toneladas; 4, 601-800 toneladas; 5, 801-1000 toneladas; 6, 1001-1200 toneladas; 7, 1201-1400 toneladas; y 8, >1400 toneladas).

En la Tabla 10 se señalan las estimaciones de la CPTCA en el OPO y en todas las zonas pesqueras en las cuales la flota del OPO realizó capturas durante el período 1974-1986, clasificadas según zona, especie y tamaño del barco. El aleta amarilla y el barrilete son las especies que más contribuyen a la CPTCA de las embarcaciones de mayor tamaño, mientras que las demás especies, que incluyen otros tipos de túnidos y diversos tipos de peces, generalmente constituyen una parte importante de la CPTCA de las embarcaciones pequeñas. Antes de fines de la década de los 60, y en años en que la mayor parte de la flota del OPO pesca principalmente en el Pacífico oriental, las CPTCA del OPO y de todas las zonas pesqueras son muy similares. Durante el período 1974-1985 la CPTCA conjunta de todas las embarcaciones y especies alcanzó un promedio de 2.2 toneladas de pescado por tonelada de capacidad de acarreo, en un intervalo de 1.7 a 2.4 toneladas; el aleta amarilla alcanzó un promedio de 1.3 toneladas, en un intervalo de 0.9 a 1.9 toneladas, mientras que el barrilete alcanzó un promedio de 0.8 toneladas, en un intervalo de 0.5 a 1.1 toneladas. Las estimaciones preliminares para 1986 son de 3.0, 2.4 y 0.6 para todas las especies, aleta amarilla y barrilete, respectivamente.

### ***Análisis de las tasas de captura del aleta amarilla***

Algunas de las técnicas señaladas en el Boletín de la CIAT, Vol. 18, No. 4, para normalizar las tasas de captura del aleta amarilla y crear mejores índices de abundancia son adaptaciones impuestas por limitaciones de la

computadora. Los recursos actualmente disponibles permiten aprovechar plenamente el método descrito en aquel informe para obtener los mejores índices de abundancia posibles a partir de los datos de bitácoras. Actualmente se pueden exhibir y explorar los datos en formas que anteriormente no eran posibles; se pueden usar grandes subconjuntos de datos en análisis exploratorios y se puede emplear mayor número de categorías en el modelo lineal. Además, se cuenta con programas para ponderar los modelos lineales. Por ésto y por otras razones, se ha modificado el método de normalización de las tasas de captura del aleta amarilla.

En el Volumen 18, No. 4, una de las observaciones de la tasa de captura se refiere al total de la captura de aleta amarilla dividida por el total de los tiempos de búsqueda en lances de un barco en un cuadrado de 5° por mes (estrato). En lugar de tratar cada lance y su tiempo de búsqueda correspondiente por separado, se prefirió el método descrito por varias razones. La razón más importante fue tratar de evitar que los estratos con muchos lances recibieran mayor peso que los estratos con pocos lances. De no hacerse así, la estimación de la abundancia estaría sesgada en favor de la abundancia observada en estratos con mayor número de lances. Esto podría producir conclusiones erróneas si la mayoría de los lances se hicieran en estratos con una abundancia superior (o inferior) al promedio. Aunque en el Vol. 18, No. 4, los estratos no se ponderan por número de lances, lo cual quizás habría producido un sesgo considerable, no fue posible ponderar los estratos con igualdad y hubo que ponderarlos de acuerdo con el número de embarcaciones en cada estrato. Puesto que cada embarcación tiene características diferentes (como por ejemplo la velocidad) usadas como variables independientes en el modelo lineal, esta situación fue inevitable. Por ésto, es necesario hacer una observación individual para cada embarcación para normalizar las tasas de captura según las características del barco.

Por otra parte, no se usaron observaciones individuales para cada tipo de lance ("cardúmenes libres", peces asociados con objetos flotantes ("troncos") y peces asociados con delfines) en un estrato. Los estratos se clasificaron como estratos con más de  $\frac{2}{3}$  de la captura en lances con delfines y en estratos con más de  $\frac{2}{3}$  de la captura en lances con peces + troncos. Se excluyeron del análisis los datos correspondientes a estratos en que la proporción de lances con delfines era superior a  $\frac{1}{3}$  pero inferior a  $\frac{2}{3}$  de la captura. El tamaño (5°), la forma (cuadrado) y el intervalo de tiempo (mes) de cada estrato se definieron en forma arbitraria. A pesar de que no es posible hacer comparaciones analíticas de los posibles estratos de distintos tamaños, formas e intervalos de tiempo, actualmente es posible presentar los datos de manera que el espectador pueda observar la uniformidad relativa, en el transcurso del tiempo, del tamaño y la forma de zonas en cuanto a la tasa de captura, tipo de lance, etc., y descartar rápidamente muchos de los posibles tamaños, formas e intervalos de tiempo.

Se usaron nuevos métodos para presentar la información de los períodos 1970-1972, 1975-1976 y 1980-1985. De éstos períodos, el más interesante es el de 1981, año en que todos los tipos de lance se produjeron casi simultáneamente en todas las zonas, salvo en la zona cercana al litoral de Ecuador, en la cual no se hicieron lances asociados con delfines. Gran parte de los grupos de lances

abarcaban aproximadamente 5° de latitud y longitud mientras que otros caían entre los límites de los cuadrados de 5°. Sin embargo, los datos de 1981 demostraban que no era conveniente clasificar los estratos de tiempo y zona por tipo de lance. La única manera de usar los tipos de lance para normalizar las tasas de captura es clasificando cada lance por separado.

El uso de los lances individuales produce un sesgo en la estimación de la abundancia en favor de los estratos con mayor número de lances. Por lo tanto, se desarrolló un método para ponderar las observaciones en el modelo lineal de manera que las áreas idénticas reciban igual cantidad de peso y cada unidad de esfuerzo reciba un peso idéntico dentro de una zona dada. Sin embargo, las sumas de los cuadrados del modelo ponderado no están distribuidas  $\chi^2$ , por lo que la prueba de F no es válida para comprobar si uno de los factores tiene un efecto notable sobre la tasa de captura. Esto dificulta la selección de factores que deben incluirse en el modelo. Debe evitarse la inclusión de factores e interacciones insignificantes para no diluir las diferencias reales entre diferentes años. Por otra parte, la eliminación de factores importantes también debe evitarse porque podría significar la exclusión de factores valiosos para la normalización.

Para resolver este problema, se procedió de la siguiente manera. Se crearon diez subconjuntos de datos. Cada subconjunto está compuesto por una observación elegida al azar de cada uno de los 4,498 cuadrados de 5° por mes que se presentaron en el conjunto completo de datos. Estos subconjuntos tienen dos propiedades importantes. Primero, todos los cuadrados de 5° por mes tienen el mismo peso. Segundo, puesto que la ponderación no es necesaria, las sumas de los cuadrados se distribuyeron  $\chi^2$ , pudiendo usarse la prueba de F para construir un modelo. En los 10 subconjuntos se usó un procedimiento de selección del modelo similar al descrito en el Boletín de la CIAT, Vol. 18, No. 4. En la Tabla 11 se presenta un resumen de los resultados. En cada uno de los 10 subconjuntos, los factores año, tipo de búsqueda (Tabla 12) y velocidad del barco tuvieron efectos importantes ( $\alpha = 0.001$ ) sobre la tasa de captura. La interacción entre tiempo-zona (Figura 8) y tipo de búsqueda también fue significativa en todos los 10 subconjuntos. El factor tiempo-zona se incluyó en el modelo porque el efecto combinado de tiempo-zona, más la interacción entre tiempo de búsqueda-zona, resultó significativo en cada uno de los 10 subconjuntos. Los demás factores rara vez resultaron significativos.

A continuación se calcularon los índices de abundancia, usando los factores significativos y la totalidad de las 83,483 observaciones del modelo ponderado. Como se señala en la Figura 9, la tendencia de las estimaciones anuales tiene diferencias y similitudes con la captura por día de pesca (CPDP). Estas estimaciones no presentan las grandes fluctuaciones observables en la CPDP del período 1970-1974; sin embargo, muestran la fuerte reducción producida en 1975 y la marcada recuperación en 1976. Tanto la reducción del período 1976-1982 como el aumento del período 1983-1986 son más graduales. Pareciera que, cuando la pesquería deja los cardúmenes asociados con delfines por los cardúmenes asociados con objetos flotantes, como sucedió en el período 1973-1982, la CPDP produce una subestimación de la abundancia de aleta amarilla y, cuando la pesquería cambia

nuevamente a cardúmenes asociados con delfines, como sucedió en el período 1984-1986, la CPDP produce una sobreestimación de la abundancia.

## BIOLOGIA DE LOS TUNIDOS

### *Estudios sobre longitud de los peces*

Las muestras de frecuencia de talla de aleta amarilla, barrilete, patudo, aleta azul y barrilete negro tomadas de las capturas de barcos cerqueros y de carnada en el Océano Pacífico oriental son recolectadas por personal de la CIAT en puertos de desembarco en Ecuador, Estados Unidos (California y Puerto Rico), México, Panamá, Perú y Venezuela. Los muestreos de capturas de aleta amarilla y barrilete fueron comenzados por personal de la CIAT en 1954 y continúan realizándose en la actualidad. La información obtenida en los muestreos de frecuencia de talla ha servido para estimar el crecimiento, mortalidad, rendimiento por recluta y abundancia de las generaciones. Los resultados de estos estudios se han publicado en varios boletines y en todos los informes anuales desde 1954.

### *Composición de talla de la captura*

El personal de la CIAT recogió y procesó muestras de la captura de 1986, que se dividen de la siguiente manera: aproximadamente 821 muestras de aleta amarilla, 306 de barrilete, 13 de patudo, 60 de aleta azul y 7 de barrilete negro. La mayoría de éstas muestras fueron de 50 peces. Las muestras de frecuencia de talla de aleta amarilla y barrilete se agrupan por zonas de medición (Figura 10), mes, y arte de pesca. El muestreo de cada estrato se hace en dos etapas: en la primera, se toman muestras de una "unidad" del barco (generalmente una o dos bodegas) y en la segunda se muestrean ejemplares individuales. Las unidades de cada estrato se muestrean al azar y se miden por separado los peces elegidos al azar de cada unidad de muestreo. Para estimar el total de peces de cada grupo de longitud en la unidad muestreada se divide el peso total de la captura de la unidad por el peso promedio de los peces muestreados en la unidad; a continuación se multiplica este cociente por la fracción de peces muestreados en ese grupo de longitud. Los totales de cada estrato, expresados en número de peces, para cada grupo de longitud se obtienen mediante la suma de los totales de cada unidad muestreada, cantidad que se multiplica por el cociente del peso de la captura registrada en ese estrato y el total del peso de las unidades muestreadas. Los totales trimestrales y anuales se obtienen sumando los datos de todos los estratos muestreados en el trimestre o año en cuestión. El peso promedio anual y trimestral se obtiene al dividir la suma del peso de las capturas de todos los estratos muestreados por la suma de todos los grupos de longitud en las estimaciones trimestrales o anuales.

En la Figura 11 se presentan histogramas del tonelaje estimado de aleta amarilla capturado, por intervalos de 2cm, basados en datos de capturas registradas en las zonas de medición en el ARCAA (Figura 1). En la figura, las zonas se presentan en un orden aproximado de norte (arriba) a sur (abajo). La mayor parte de la captura en las zonas 1 y 8, situadas al norte de 20°N, consistió de especímenes de aleta amarilla con una longitud inferior a 100cm. La captura en la zona 6

(cercana al litoral, desde Panamá hasta 5°S) también contaba con una elevada proporción de peces de tallas inferiores a 100cm, aunque había una cantidad similar de peces de mayor tamaño en la captura. En cuanto al peso, las zonas centrales (4 y 5), que abarcan desde aproximadamente 5°N hasta 20°N, contribuyeron aproximadamente el 75 por ciento de la captura de aleta amarilla en el ARCAA. En la zona 4, el tamaño fluctuaba entre aproximadamente 44 y 170cm mientras que en la zona 5 oscilaba entre aproximadamente 32 y 170cm. En estas dos zonas, la mayor proporción de la captura estaba formada por peces cuyas tallas fluctuaban entre 70 y 140cm de longitud.

En la Figura 12 se presentan histogramas del tonelaje estimado de aleta amarilla capturado, por intervalos de 2cm, basados en las capturas registradas en todo el ARCAA durante el período 1981-1986. La estimación del peso promedio de 1986, 27.1 libras (12.3kg), es 8.7 libras (3.9kg) menor que el peso promedio de 1985, pero es mayor que el peso promedio de los años comprendidos en el período 1978-1984. La distribución de tamaños en 1985 y 1986 es muy similar puesto que los peces de tallas inferiores a 70cm ocupan una proporción menor de la captura que en el período 1981-1984.

En la Figura 13 se presentan histogramas del tonelaje estimado de aleta amarilla capturado, por intervalos de 2cm, basados en las capturas registradas en el Océano Pacífico oriental, entre el límite del ARCAA y los 150°W durante el período 1981-1986. En 1986, al igual que en años anteriores, el tamaño promedio del aleta amarilla proveniente de esta zona fue mayor que el de peces capturados dentro del ARCAA. La estimación preliminar del peso promedio de 1986 alcanza 77.0 libras (34.9kg), la más elevada desde 1974, y es 11.4 libras (5.2kg) mayor que la estimación de 1985.

En la Figura 14 se presentan histogramas del tonelaje estimado de barrilete capturado, por intervalos de 1cm, basados en las capturas registradas en zonas seleccionadas de medición en el Océano Pacífico oriental durante 1986. Se han combinado las zonas 1 y 2, y las zonas 7 y 13, mientras que las zonas 4, 8 y la región entre el límite del ARCAA y los 150°W (zonas 10 y 11) no aparecen porque allí se capturaron pocos ejemplares de barrilete y, en consecuencia, se tomaron pocas muestras de frecuencia de talla. En las zonas más septentrionales (1 y 2) y en las más meridionales (7 y 13) el peso promedio del barrilete fue menor que en las zonas 5 y 6. En éstas últimas, que aportaron aproximadamente el 86 por ciento de la captura del Pacífico oriental, predominaron los especímenes de barrilete de más de 55cm, pero en las demás zonas predominaron los peces de menor longitud.

En la Figura 15 se presentan histogramas del tonelaje estimado de barrilete capturado, por intervalos de 1cm, basados en las capturas registradas en el Océano Pacífico oriental durante el período 1981-1986. La estimación preliminar del peso promedio de 1986, 7.1 libras (3.2kg), es 2.1 libras (1.0kg) menor que el peso promedio de 1985, el más elevado registrado hasta la fecha. Con excepción del peso promedio registrado en 1985, el de 1986 es el más elevado registrado desde 1976.

En la Figura 16 se presentan histogramas del tonelaje estimado de patudo, por intervalos de 2cm, capturado por la pesca epipelágica en el Océano Pacífico oriental durante el período 1981-1986. La captura epipelágica de patudo se produce incidentalmente con la de aleta amarilla y barrilete, por lo que, la captura total (Tabla 1) y la cantidad de muestras de frecuencia de talla son muy inferiores a las de aleta amarilla y barrilete. Con frecuencia, se carece de estimaciones adecuadas del peso del patudo en las unidades de muestreo; por consiguiente, no se ha ponderado cada muestra según el número estimado de peces en la unidad muestreada. En vista de que la captura de patudo es la más baja registrada desde 1974 (aproximadamente 1,700 toneladas), y que sólo se recolectaron 10 muestras de frecuencia de talla, no hay mucho que decir sobre la composición por talla de la captura de esta especie en 1986. La estimación preliminar del peso promedio en 1986, 62.2 libras (28.2kg) es ligeramente menor que el peso promedio de 1985 pero mayor que los demás valores anuales registrados en años recientes.

La composición de talla de la captura de aleta azul se analiza en la sección titulada *Estudios del atún aleta azul*.

### ***Métodos de muestreo de la frecuencia de talla***

En términos generales, el método de muestreo de cada especie se basa en un proceso de selección de dos etapas. En la primera, la principal unidad de muestreo consiste de un grupo de peces capturado en un estrato de un sólo mes y zona por un tipo de embarcación, como por ejemplo un barco cerquero o de carnada. Así, en un barco cerquero, la unidad puede ser la captura lograda en un solo lance o en una serie de lances efectuados en el transcurso de varios días que puede ocupar la totalidad o parte de una o más bodegas. El personal de las oficinas regionales de la CIAT se apoya en la bitácora del barco para identificar y ubicar la cantidad potencial de unidades de muestreo a bordo de la nave y las capturas (tonelaje) correspondientes. Varios factores influyen en la decisión de incluir una unidad dada en el esquema de muestreo, tales como el número de muestras previamente obtenidas del estrato, pero se selecciona al azar la talla de los peces en la unidad.

En la segunda etapa de muestreo, se toman 50 mediciones de la unidad de muestreo si es que los peces no se clasificaron por talla durante el proceso de desembarco. Si los peces están clasificados por talla, se toman 25 mediciones de cada categoría de talla. En ambos casos, las mediciones generalmente se toman en un periodo relativamente corto, y de una secuencia de peces poco relacionada con el orden en que fueron sacados de la bodega. Este procedimiento obedece a cuestiones prácticas relacionadas con la distribución del tiempo del muestreador, la necesidad de no entorpecer el proceso de desembarco, y la imposibilidad de recolectar una muestra al azar que se ajuste exactamente a la teoría de muestreo. Por ejemplo, es imposible determinar de antemano la cantidad total de peces en una bodega, lo que impide numerarlos para facilitar la selección al azar. En cambio, debe partirse del supuesto de que la talla de los peces está distribuida al azar en la unidad y que la muestra de la frecuencia de talla es estadísticamente representativa. Por lo tanto, la confiabilidad de las estimaciones hechas a partir de las muestras de longitud depende de la validez de esta suposición. Con el tiempo,



los cambios en los procedimientos de pesca y desembarco pueden llegar a afectar esta relación, siendo necesaria la evaluación periódica de la efectividad del programa de muestreo. Se ha iniciado un estudio para tal fin.

El programa comenzará con un examen de las características y la variabilidad de la distribución de talla de aleta amarilla en las unidades de muestreo de barcos cerqueros. Posiblemente sea necesario medir una cantidad grande de los peces de una unidad (habitualmente una bodega) puesto que puede producirse variabilidad por estratificación de las tallas según la profundidad, el tipo de lance (cardúmenes puros o de especies mixtas, o cardúmenes asociados o no asociados con delfines o troncos), y la composición (lances únicos o múltiples). En otro nivel de refinamiento será importante determinar si existe una mayor fuente de variabilidad entre las distintas unidades de una misma embarcación o entre diferentes embarcaciones que pescaron en el mismo estrato de mes y zona.

Para iniciar este estudio, se midió cada tercer ejemplar de aleta amarilla de los peces desembarcados de dos bodegas de un cerquero. El análisis de los datos no ha finalizado aún.

### ***Interacción de la pesca epipelágica y palangrera del Pacífico oriental***

El Sr. Ziro Suzuki del Far Seas Fisheries Research Laboratory (FSFRL), de Shimizu, Japón, permaneció en las oficinas centrales de la CIAT en La Jolla del 12 de mayo al 20 de junio de 1986 trabajando con personal de esta institución sobre la interacción entre la pesca cerquera y palangrera de aleta amarilla en el Océano Pacífico oriental. El estudio se basa en información recopilada por el FSFRL sobre la captura palangrera en número de peces, esfuerzo por número de anzuelos y la frecuencia de talla de peces capturados por la pesca palangrera, junto con datos recolectados por el personal de la CIAT sobre el tonelaje de la captura epipelágica, la captura registrada por día de pesca de cerqueros de la clase 6 de arqueo (CPDP) y la frecuencia de talla de peces capturados por la pesca epipelágica.

Se usaron datos sobre la relación entre la frecuencia de talla y entre el peso y la talla para convertir los datos de la captura palangrera, expresados en número de peces, a datos de captura expresados en toneladas cortas. Luego se comparó el tonelaje de captura por anzuelo de la pesca palangrera con las CPDP, cálculo que indica que 73,800 anzuelos equivalen a 1 día de esfuerzo cerquero de la clase 6 de arqueo. En la Figura 17 se presenta una comparación gráfica del resultado. Las tendencias de la captura por unidad de esfuerzo son sorprendentemente similares, particularmente si se considera las grandes diferencias entre la distribución espacial del esfuerzo, los métodos de pesca y la composición de talla de los peces. Usando la definición de peces de gran tamaño señalada en la Figura 41 del Informe Anual de 1984, se observa que, en términos de peso, las capturas epipelágicas alcanzaron un promedio de 56 por ciento de peces de gran tamaño, mientras que las capturas de la pesca palangrera alcanzaron un promedio de 97 por ciento de peces de gran tamaño. Por lo tanto, se compararon los datos de la biomasa de los peces de gran tamaño señalados en dicho Informe Anual con las capturas por unidad de esfuerzo de los peces de gran tamaño (Figura 18).

Puesto que la captura de la pesca epipelágica alcanzó un promedio de 182 mil toneladas por año y la de la pesca palangrera alcanzó un promedio de 13 mil toneladas, es probable que la pesca epipelágica haya sido la causa principal de la reducción de la abundancia de aleta amarilla, afectando con ello a la pesca palangrera.

### ***Marcado***

La CIAT inició un programa de marcado de ejemplares de aleta amarilla de gran tamaño capturados por la pesca deportiva en el cual se inyecta con oxitetraciclina a los ejemplares antes de liberarlos. Los pescadores deportivos donan estos ejemplares luego de haber capturado la cantidad que necesitan para su uso personal o cuando la embarcación ya está llena. El principal objetivo de este programa es determinar si los incrementos que se forman en los otolitos de los ejemplares más grandes se depositan a diario, como sucede con los peces más pequeños (Boletín de la CIAT, Vol. 17, No. 7).

Veintidós personas que pescaban con caña a bordo del *Royal Polaris* cerca de la Isla Clarion el 27 y 28 de enero de 1986, capturaron, marcaron, inyectaron y liberaron a 36 ejemplares de aleta amarilla con un peso estimado entre 100 y 160 libras (45 y 73kg) cada uno. Se han recapturado seis de estos ejemplares; cinco fueron recapturados por barcos de pesca deportiva y uno por un barco cerquero, pero sólo se han conseguido los otolitos de tres ejemplares. El examen preliminar de los otolitos revela que las marcas de oxitetraciclina son visibles; en 1987 se continuará este análisis para determinar si los incrementos en los otolitos se forman a diario.

El programa de marcado en embarcaciones de pesca deportiva se continuará llevando a cabo, según las oportunidades que se presenten, hasta recolectar una cantidad suficiente de otolitos de ejemplares marcados e inyectados previamente.

El análisis del grado de cohesión de los cardúmenes de barrilete, determinado a partir de los datos del marcado, se describe en las páginas 125-128 del Informe Anual de 1983. Estos estudios fueron abandonados temporalmente debido a problemas con los datos del peso promedio. En esa época, el personal de la CIAT había establecido que el método ponderado era superior al método no ponderado para estimar la distribución de la frecuencia de talla y el peso promedio pero aún no se habían hecho estimaciones ponderadas de todos los estratos de zona y tiempo con datos adecuados del marcado. (El método ponderado y el no ponderado se describen en las páginas 102-103 del Informe Anual de 1985). Estos análisis se han reiniciado al resolverse el problema de los estratos de zona y tiempo en cuestión.

Los análisis de los datos de las principales liberaciones de peces marcados en los cruceros 1042, 1043 y 1075 (a Baja California) y 1095 (a Centroamérica) se analizaron de manera similar a la de los datos de las principales liberaciones de peces marcados en los cruceros 1070, 1079 y 1082 (a Baja California) y 1084 (a Centroamérica). Los resultados se resumen en la Tabla 13. Los valores señalados en la columna "Lances con 0, 1, 2, 3 . . . peces marcados" se obtuvieron mediante

la suma de los valores correspondientes a peces liberados en diferentes días. Por ejemplo, los datos del crucero 1042 incluyen seis fechas de liberación en el mes de junio, por lo que los valores en la columna correspondiente al "Total" son seis veces mayores que los señalados en la columna "Lances". Los datos indican que los peces marcados en los cruceros 1042 y 1043 no se mezclaron al azar con peces no marcados durante el mes después de la liberación, pero aparte de estos dos cruceros, en todos los experimentos ambos grupos parecían estar mezclados al azar.

Se repitieron los análisis previos, basados en datos de los cruceros 1070, 1079, 1082 y 1084, usando datos del peso promedio obtenido a partir del método ponderado. Los resultados son muy similares a los anteriores, que se basan en datos del peso promedio obtenido a partir del método no ponderado, razón por la que no se incluyen en el presente informe.

### ***Morfometría del aleta amarilla***

Las características morfológicas, es decir, las mediciones que describen la forma del cuerpo, ofrecen información útil para la descripción y diferenciación de los stocks de peces. El personal de la CIAT ha realizado tres estudios de la morfometría del aleta amarilla; los dos primeros se hicieron en los años 50 (Boletín de la CIAT, Vol. 1, No. 4 y Vol. 3, No. 8) y el tercero durante los años 70 (Informe Anual de 1976: 95-96). Este último, para el cual se recopilaban además de los datos morfométricos muestras de sangre, se inició en 1972. Hasta 1974, la mayoría de las muestras correspondían a pescado descongelado obtenido en las enlatadoras. Entre 1974 y 1976 se recolectaron en el mar 56 muestras de pescado fresco proveniente del norte, centro y sur del Pacífico oriental. Cada muestra contenía aproximadamente 50 ejemplares. Cada pez fue medido según las ocho mediciones que se señalan en la Figura 19. La longitud de los peces muestreados abarcaba un intervalo aproximado de 40 a 100cm.

Los datos morfométricos recolectados entre 1974 y 1976 se analizarán mediante técnicas estadísticas de variables múltiples. Los objetivos son: (1) determinar si hay alometría en las muestras, es decir, dependencia de la forma respecto del tamaño, mediante el ajuste de varias funciones matemáticas a los datos; si la hubiera, se calcularán los factores para hacer los ajustes correspondientes; (2) analizar los datos por medio de procedimientos de variables múltiples del análisis de componentes principales, análisis de conglomerados y análisis de la función discriminante para determinar si existen diferencias entre las distintas zonas; y (3) tratar de interpretar los resultados de estos análisis en relación con los factores ambientales existentes en las regiones geográficas mediante el análisis canónico de correlación.

Para el estudio preliminar se usó una muestra de 43 ejemplares de aleta amarilla recolectados en la Isla Clipperton del 5 al 12 de mayo de 1986 a bordo del barco de pesca deportiva *Royal Polaris*. La longitud de los ejemplares recolectados abarca un intervalo de 527 a 981mm (una longitud promedio de 762mm). Para obtener datos morfométricos de estos especímenes recién capturados se hicieron mediciones lineales con calibradores, redondeadas al milímetro más cercano. Se encontró una correlación lineal entre cada una de las

características morfométricas y el largo total ( $r^2 = 0.97-0.99$ ). La graficación bivariable de los caracteres, realizada después de la transformación, indicó la existencia de alometría. Por lo tanto, en relación con el objetivo de discriminación basada en la forma, el tamaño podría ser un elemento de confusión, pero la influencia del crecimiento alométrico puede eliminarse mediante el uso de procedimientos estadísticos apropiados que permiten ajustar los caracteres morfométricos de manera que resulten independientes del tamaño del pez. Para hacer el ajuste por longitud, los caracteres morfométricos se transformaron primero a logaritmos y luego se hizo una regresión de estos logaritmos con respecto al largo total. Luego se usó la pendiente de cada relación para ajustar la medición morfométrica de cada pez a su valor en el promedio de la longitud total de todos los peces. Este proceso univariado sirve para estandarizar la variación alrededor de una longitud única y permite la discriminación de los peces basada en la forma independientemente del tamaño.

Los datos de las 56 muestras de pescado fresco recolectadas durante el período 1974-1976 se ajustarán de la manera recién descrita y también mediante otro método de variables múltiples basado en el análisis de componentes principales para obtener mediciones morfométricas independientes del tamaño. Luego se usarán técnicas de variables múltiples de análisis de conglomerados y análisis de ordenadas para detectar las variaciones geográficas en la forma.

### ***Estudios de los otolitos***

En 1986 se terminó y publicó un estudio sobre el crecimiento del aleta amarilla en el Pacífico oriental (Boletín de la CIAT, Vol. 18, No. 6). La edad en días, de peces cuya longitud abarca un intervalo entre 30 y 170cm, se estimó mediante el conteo del número de incrementos en los otolitos. En un estudio previo (Boletín de la CIAT, Vol. 17, No. 7) se demostraba que, en el intervalo de longitud de 40 a 110cm, los otolitos se depositan a diario durante el crecimiento de los peces. Aunque la evidencia circunstancial existente respaldaba también la noción de incrementos diarios en los intervalos adyacentes de 0-40cm y 110-170cm, esta hipótesis debe ser comprobada. El objetivo específico de los experimentos de marcado con inyecciones de tetraciclina en los cruceros de marcado 1093, 1095, y 1096, durante el período 1980-1981 y en 1986 en embarcaciones de pesca deportiva, era determinar si los ejemplares de aleta amarilla de más de 110cm seguían depositando incrementos diarios. Se ha iniciado un estudio para analizar al microscopio los otolitos de peces recapturados que se marcaron en estos experimentos. La aplicación de luz ultravioleta hace que la tetraciclina se vuelva fluorescente permitiendo identificar así la marca que corresponde a la fecha en que el ejemplar fue inyectado y liberado. La relación entre los días transcurridos (d) desde la liberación hasta la recaptura y el número de incrementos depositados (I) puede determinarse contando el número de incrementos depositados desde la marca hasta el borde posterior del otolito. Los resultados del examen de 19 ejemplares recapturados, cuya longitud abarca un intervalo de 71 a 148cm, se resumen en la regresión  $I = -1.164 + 1.008d$ , en la cual la pendiente (1.008) no es significativamente diferente a 1. Este resultado amplía el intervalo de validación de 110cm a 148cm y respalda aún más la hipótesis de incrementos diarios

hasta los 170cm de longitud. Se seguirá reevaluando ésta relación a medida que se disponga de mayor número de ejemplares recapturados.

### ***Biología reproductiva del aleta amarilla***

El conocimiento de la biología reproductiva del aleta amarilla es importante para comprender la dinámica demográfica de esta especie. Gracias a estudios previos se cuenta con parte de la información necesaria sobre fecundidad, zonas y temporadas de desove, proporción de sexos, y tamaño de los peces maduros. Sin embargo, aún no se comprenden plenamente varios aspectos de la biología reproductiva del aleta amarilla, incluyendo las zonas y temporadas de desove, tamaño y edad de los peces maduros, y frecuencia del desove. Es además necesario determinar si hay diferencias en las características reproductivas de los peces de distintas zonas del Pacífico oriental. Estudios adicionales sobre este tema debieran contribuir a una mayor comprensión de la relación entre el desove y el reclutamiento, facilitando la evaluación del efecto de la pesca sobre el potencial reproductivo de la población.

Para lograr estos objetivos, el personal de la CIAT realizará un programa de muestreo en gran escala para obtener las muestras necesarias para estudiar la reproducción del aleta amarilla a nivel poblacional. Las muestras de tejido de las gónadas de pescado fresco, elemento necesario para fines histológicos, serán tomadas en el mar por técnicos embarcados en cerqueros. El programa de muestreo, que tendrá una duración mínima de 2 años, se iniciará en 1987.

Para este estudio, se dividirá el Pacífico oriental en cuatro áreas de muestreo: 20°N-30°N, 10°N-20°N, 0°-10°N y 0°-10°S. A partir de datos de la distribución de las larvas de aleta amarilla y de estudios sobre las gónadas se sabe que el desove de aleta amarilla ocurre en las zonas comprendidas en estas latitudes. El programa contempla el muestreo de 10 peces de cada categoría de 10cm de longitud, en un intervalo de 50 a 150cm de longitud, en cada mes y zona durante un período de 2 años.

Los objetivos del estudio son determinar: (1) las zonas, temporadas y duración del desove de tamaños específicos de peces; (2) la edad y longitud de hembras y machos al alcanzar la madurez sexual, que permitirá derivar ecuaciones de pronóstico de la proporción de peces maduros en cada zona; (3) la fecundidad de peces de diferentes tamaños y/o edades en cada zona; (4) la frecuencia del desove y estimación de la fecundidad anual por zona; y (5) la relación, por zona, entre la temporada de desove y las características climáticas e hidrográficas.

Como parte de los pasos preliminares del estudio, entre el 5 y el 12 de mayo de 1986 se recolectaron gónadas de especímenes reproductivamente activos de aleta amarilla en la Isla Clipperton, a bordo del *Royal Polaris*, un barco de pesca deportiva. Durante dicho período se tomaron muestras de ovarios de 33 hembras, cuya longitud abarca un intervalo de 915 a 1240mm. Estas muestras proporcionaron la información básica para el diseño de un programa de muestreo para la recolección de material de la pesquería comercial.

El desove se produjo, aparentemente, entre las 8:00 p.m. y medianoche. Esta

estimación se deriva de la presencia continua (entre 1:00 p.m. y 5:00 p.m.) de hembras cuyos ovarios se encontraban en la etapa de núcleo migratorio inicial (que se presenta justo antes de la hidratación después de la cual sobreviene la ovulación) y por el hecho de que en los ovarios de hembras recolectadas entre 2:30 a.m. y 4:00 a.m. se encontraron folículos postovulatorios producidos unas horas antes. Entre las 8:00 p.m. y medianoche, la hora aparente del desove, no se capturaron peces.

La mejor estimación de la frecuencia del desove durante el período de muestreo en la Isla Clipperton responde a la incidencia de hembras con folículos postovulatorios. Veintiséis de las 33 hembras tenían folículos postovulatorios en diferentes estados de degeneración, lo que indica que el 79 por ciento había desovado en las últimas 24 horas. Esto significa que, en esta muestra, la media del intervalo entre cada desove fue de 1.27 días, lo que indica que el desove se produjo casi a diario.

### ***Laboratorio de Achotines***

#### ***Estudios de las primeras etapas del ciclo vital***

El laboratorio de Achotines fue creado para estudiar las primeras etapas del ciclo vital de los atunes. Es importante obtener mayores conocimientos sobre las etapas anteriores al reclutamiento de los peces para comprender los efectos de la magnitud del stock y de los factores ambientales sobre el reclutamiento. Además, para obtener beneficios plenos de la determinación de la edad a partir del estudio de los otolitos, es necesario comprobar la actual hipótesis sobre la formación diaria de anillos en los otolitos durante el crecimiento de 0 a 40cm de longitud. Después de considerar varios lugares en la costa del Pacífico en Centroamérica, se decidió ubicar el laboratorio en la Bahía de Achotines, que se encuentra en el extremo sur de la Península de Azuero en la provincia de Los Santos en la República de Panamá. Dicho lugar limita con el Océano Pacífico oriental en una zona donde hay fuertes temporadas de desove de barrilete negro y, además, el perfil de 100 brazas de profundidad se encuentra tan sólo a 6.5 millas náuticas (12km) de la costa, permitiendo fácil acceso a aguas oceánicas donde se sabe que aparecen especímenes juveniles de atún aleta amarilla. La Bahía de Achotines ofrece un fondeadero protegido para barcos pequeños y acceso a aguas claras del océano cuyas temperaturas anuales oscilan entre aproximadamente 22° y 28°C (72° y 82°F).

En 1983 se compraron 10 hectáreas de terreno y se emprendió gradualmente la construcción de las instalaciones. Se construyeron cinco edificios pequeños, un laboratorio, un bloque de apartamentos, una caseta para los generadores, una cocina-comedor y, en 1985, se construyó una unidad de dormitorio con bodega. En 1986 se reconstruyó el laboratorio y se instaló un nuevo sistema de agua de mar. La nueva estructura del laboratorio seco y mojado cuenta con tanques para peces, un sistema de filtración de agua, un sistema de aire comprimido, una microcomputadora y un aparato para observar la temperatura del agua, el contenido de oxígeno, la salinidad y el pH. El sistema de agua, que tiene un rendimiento de 75 galones (284 l) por minuto, abastece un tanque de 10,500 galones

de capacidad (39,746 l) con agua de mar de buena calidad proveniente de una zona cercana a la boca de la Bahía de Achotines. Junto al laboratorio se encuentran unas lagunas artificiales para el cultivo de peces pequeños usados como alimento para atunes juveniles y un sistema de cultivo de pequeños crustáceos (*Artemia* sp).

El programa de investigación de la CIAT en Achotines, se basa en el estudio de las primeras etapas del ciclo vital de los atunes mediante estudios de campo y de laboratorio. Los experimentos de laboratorio dependen de la conservación en acuarios de los delicados especímenes juveniles durante largos períodos. Por lo tanto, la mayor parte de las actividades se han centrado en el desarrollo de métodos que permitan capturar, trasladar y mantener vivos a los escómbridos cautivos. Los distintos métodos de traslado ensayados han dado buenos resultados. Aparentemente, la reducción de la permanencia de los especímenes en el barco recolector y la disminución del movimiento excesivo del agua en el recipiente de traslado son factores críticos para la supervivencia.

Los estudios de campo y de laboratorio sobre las primeras etapas del ciclo vital se apoyan mutuamente y se les otorga alta prioridad en el programa de investigación. En 1986 se diseñó un programa para obtención de muestras para crianza en el laboratorio y estudios *in situ* sobre crecimiento, alimentación e inanición. La recolección se hace de noche, atrayendo escómbridos de las primeras etapas juveniles hacia luces subacuáticas; los ejemplares se recogen con salabres y se trasladan vivos al laboratorio. Los individuos lastimados se conservan de distintas maneras para realizar una serie de análisis. La edad de ejemplares conservados en etanol se determinará mediante el estudio de incrementos en los otolitos y se analizará el contenido estomacal. Otros ejemplares se conservarán en fijador de Bouin, se prepararán para análisis histológico, y se analizarán para detectar indicadores histológicos cualitativos de condiciones alimenticias deficientes e inanición inminente. Este programa de muestreo aportará información sobre las temporadas de desove de los escómbridos en la región y sobre la relación entre las variaciones oceanográficas y meteorológicas y la aparición, crecimiento, variación alimentaria e inanición de escómbridos juveniles. Asimismo, se están analizando los estómagos de peces piscívoros capturados en la región para detectar señales de depredación de escómbridos.

En el cuarto trimestre del presente año se incrementaron los trabajos de muestreo (iluminación nocturna) de escómbridos en las primeras etapas juveniles. En ese período se mantuvieron en el acuario del laboratorio 21 ejemplares de barrilete negro (*Euthynnus lineatus*), sierra (*Scomberomorus sierra* y melvas (*Auris* sp.) por períodos de más de una semana. El plancton capturado con redes sirve de alimento para ejemplares que miden menos de 17mm. Los escómbridos que miden más de 25mm son alimentados con "guppies y mollies", especies pequeñas de la familia Poeciliidae, criados en las lagunas artificiales de Achotines. Los escómbridos en las primeras etapas juveniles que se alimentan hasta saciarse de "guppies" suelen ingerir diariamente más del 25 por ciento del peso de su cuerpo, observándose tasas de crecimiento de 3 a 5mm diarios. Un barrilete negro cautivo creció de aproximadamente 12mm a 278mm de longitud total en 136 días. Su muerte no se debió a desnutrición ni enfermedad ya que se produjo cuando

saltó fuera del tanque en que se encontraba. Se ha reducido el problema de canibalismo que se presentó durante los primeros trabajos. Las rápidas tasas de crecimiento y la reducción del canibalismo son alentadores ya que indican que la cantidad y calidad de organismos alimenticios proporcionada a los ejemplares cautivos es adecuada.

Desde principios de 1984, cada mes se han realizado trabajos de iluminación nocturna aunque no se realizaron muestreos en cada mes de cada año. Se han capturado escómbridos en las primeras etapas juveniles en cada mes del año, salvo durante abril. De los escómbridos capturados, 215 ejemplares de barrilete negro, 142 de melva, 167 de sierra y 2 de estornino (*Scomber japonicus*) se han conservado en una colección de referencia. En la Figura 20 se señala la distribución de tamaño de los especímenes que se encontraban en condiciones adecuadas para tomar mediciones.

### ***Estudios sobre recursos de pargo***

El personal de la CIAT inició un proyecto de colaboración con científicos de la Dirección General de Recursos Marinos (DGRM) de la República de Panamá para estudiar algunas especies de peces costeros importantes para el comercio en la Provincia de Los Santos de Panamá. Actualmente se carece de información biológica fundamental sobre estas especies. La industrialización reciente, principalmente relacionada con el perfeccionamiento del procesamiento y exportación de las capturas, y el posible ingreso de embarcaciones de mayor tamaño a la pesquería, hacen que sea deseable contar con estimaciones del rendimiento potencial. En 1986 se inició un programa de muestreo para estudiar y evaluar los recursos de pargo, familia Lutjanidae, y otras especies costeras. Un biólogo de la DGRM está recopilando información diaria sobre la captura, el esfuerzo, la longitud y el peso. Estos datos básicos proporcionarán información sobre la composición por especie, composición por tamaño, factores que afectan la condición de la especie, y la captura versus el esfuerzo, usando configuraciones alternativas de las artes de pesca, y las correspondientes variaciones estacionales. En la Figura 21 se señala la composición de la frecuencia de talla de los desembarcos de *Lutjanus jordanii*, la especie más importante, efectuados en 1986. Otras especies, capturadas en cantidades mucho menores, incluyen *L. guttatus*, *L. argentiventris*, *L. novemfasciatus*, *Hoplopagrus güntheri*, *Rabirubia inermis*, y *Epinephelus* sp.

A mediados de 1987 se iniciará una serie de experimentos de laboratorio para evaluar la pérdida de marcas y el crecimiento del *Lutjanus jordanii*. El laboratorio de Achotines proporcionará la infraestructura para recolectar y conservar las muestras y ofrecerá apoyo logístico para los experimentos. El objetivo principal de los experimentos es obtener mediciones del índice de pérdida de marcas en ejemplares de pargo de distintos tamaños bajo condiciones controladas en el laboratorio. Estos datos proporcionarán información esencial para interpretar datos de marcas devueltas en un futuro proyecto de marcado en gran escala. El objetivo secundario es medir las tasas de crecimiento de pargos marcados que son alimentados con una ración estándar.



***Estudios del atún aleta azul******La pesca en 1986***

El atún aleta azul del norte se captura en el Océano Pacífico oriental cerca de la costa de Baja California y frente a California, entre aproximadamente 23°N y 35°N. Casi toda la captura es obtenida por embarcaciones cerqueras y la temporada de pesca generalmente dura desde fines de mayo hasta mediados de octubre. La captura de 1986 fue de aproximadamente 5,400 toneladas cortas, y es la más grande que se ha obtenido desde 1979. En 1986 la zona de captura de aleta azul abarcaba desde aproximadamente 25°N a 35°N, y casi el 83 por ciento de la captura procedía de la región al norte de 30°N. Las capturas mayores se obtuvieron en julio y agosto, meses en los que se capturó el 62 por ciento del total anual.

En la Figura 22 se presentan histogramas del tonelaje estimado de aleta azul capturado, por intervalos de 2cm, en el Océano Pacífico oriental durante el período 1981-1986. La distribución de tallas de 1986 es similar a la de 1985, ya que la mayor parte de la captura corresponde a peces de 70 a 90cm de longitud; sin embargo, a diferencia de la captura de 1985, en la captura de 1986 hubieron peces de más de 100cm. En 1986 se muestrearon peces de 180 a 200cm de longitud; estos son los ejemplares más grandes de aleta azul muestreado por personal de la CIAT desde 1978.

***Edad y crecimiento***

Durante el presente año se terminó un estudio de determinación de la edad y crecimiento del aleta azul comenzado en 1980. A continuación se presenta un resumen de los análisis y conclusiones de dicho estudio.

La edad de los peces se determinó contando los anillos (marcas que supuestamente se forman cada año) de las escamas, la primera espina dorsal y las vértebras y mediante el conteo de los incrementos en los otolitos (marcas que supuestamente se forman a diario). No se intentó contar los anillos de los otolitos puesto que otros investigadores han informado que es difícil identificarlos en peces menores de unos 9 años.

Es difícil recoger escamas utilizables de ejemplares de aleta azul desembarcados por cerqueros ya que la mayor parte de las escamas se pierden durante la captura y manejo de los peces, y muchas de las restantes son escamas regeneradas que no sirven para determinar la edad. La lectura de las escamas no regeneradas resulta difícil. Asimismo, la baja relación entre la longitud del cuerpo del pez y la longitud de las escamas no permite calcular regresivamente el tamaño específico para cada edad. La distribución de talla de peces atribuidos a distintas edades se superpone bastante y las diferentes lecturas de una misma escala suelen ser divergentes, lo que puede indicar que la determinación de la edad hecha a partir de las escamas no es válida.

La primera espina dorsal es virtualmente inútil para la determinación de la edad debido a la reabsorción o vascularización del centro de la estructura, lo que borra el registro de crecimiento. Se le asignaron edades a 96 por ciento de los

peces analizados pero resultó muy elevado el índice de divergencia entre las distintas lecturas aplicadas a un mismo pez.

Es bastante fácil leer las vértebras, y las lecturas duplicadas de la misma vértebra generalmente producen la misma edad estimada. Además, la comparación de éstos resultados con datos del marcado y conteo de otolitos señala la validez de las edades determinadas a partir de las vértebras.

A diferencia de otros métodos que sólo permiten estimar la edad hasta el año inmediatamente precedente, los otolitos proporcionan una estimación precisa de la edad, es decir la totalidad de días cumplidos. La oxitetraciclina inyectada durante el marcado y el análisis de los otolitos después de la recaptura de los peces demostró que, en peces de 19 a 68cm de longitud, los incrementos se depositan a diario. Sin embargo, debido a las dificultades de lectura y procesamiento de los otolitos resulta poco práctico usarlos para estimaciones habituales de la composición por edades en la captura. Los otolitos sirven para verificar estimaciones de la edad obtenidas mediante otros métodos y probablemente para determinar la edad de especímenes postlarvales o juveniles. Es posible que se estimen mucho por bajo las edades de los peces mayores (de más de 4 años), ya que los incrementos son demasiado pequeños para poder leerlos con réplicas y microscopía de luz.

La estimación de la precisión de un método, es decir, la reproducibilidad de los resultados, ha sido realizada por otros investigadores que usaron un índice de precisión calculado a partir de

$$V = \left[ \frac{(X_{ij} - X_j)}{R - 1} \right]^{1/2} X_j$$

y

$$D = \frac{V}{\sqrt{R}}$$

en que  $V$  = coeficiente de variación,  $X_{ij}$  =  $i$ -ésima estimación de la edad del  $j$ -ésimo pez,  $X_j$  = edad promedio calculada para el  $j$ -ésimo pez,  $R$  = número de veces que se determinó la edad de cada pez, y  $D$  = índice de precisión. Se calculó que los índices de precisión eran de 3.49 por ciento para estimaciones a partir de vértebras y 2.03 por ciento para estimaciones a partir de otolitos de peces no marcados con OTC. El valor de  $D$  para el conteo de otolitos de peces marcados con OTC fue de 1.30 por ciento, un valor inferior a los obtenidos de datos de vértebras o de otolitos completos. Este valor inferior probablemente se debe a que, en la zona en que se hicieron los conteos, los incrementos eran relativamente más anchos y estaban distribuidos de manera más regular dado que los peces fueron inyectados con OTC en agosto, época en la que estaban creciendo rápidamente. Los resultados de las escamas ( $D$  = 8.14 por ciento) y espinas ( $D$  = 17.04 por ciento) indican una variación mucho mayor que la observada en otolitos y vértebras.

Mediante el procedimiento de muestras pareadas de Wilcoxon se compararon las estimaciones de la edad y los índices de precisión de vértebras y otolitos de un mismo ejemplar. Tanto las estimaciones de la edad ( $T' = 9$ ) como los índices de precisión ( $T' = 11$ ;  $P < .0005$ ) de los 13 ejemplares, cuya edad se estimó entre 0 y 6 años, resultaron diferentes. Cuando sólo se usaron peces cuya edad estimada a partir de vértebras era de 3 años o menos y se ajustaron las edades determinadas a partir de los otolitos, redondeándolas al año inmediatamente anterior, tanto las estimaciones de la edad ( $T' = 2$ ,  $.10 < P < .05$ ) como los índices de precisión ( $T' = 2$ ) no fueron significativamente diferentes.

El análisis de los incrementos diarios produce resultados cuya precisión es suficiente para estimar el mes de nacimiento de cada ejemplar, suponiendo que se forman a diario los incrementos en los otolitos de peces de tamaños inferiores a 19cm. En consecuencia, la estimación del mes de nacimiento puede proporcionar una verificación adicional de las estimaciones de la edad si el mes de nacimiento y la temporada de desove coinciden, siempre que la temporada de desove se defina independientemente. Se estimó el mes de nacimiento con base en el conteo de los incrementos de 10 peces del Pacífico oriental y 1 del Pacífico occidental. Sobre la base de la aparición de larvas, se piensa que el desove de aleta azul ocurre habitualmente en mayo y junio entre Taiwán y Kiushu, extendiéndose hacia altamar frente al sur de Honshu en julio y hacia el Mar de Japón en agosto. Puesto que generalmente se obtienen estimaciones más bajas de la edad de otolitos de peces de cuatro o más años de edad que de las vértebras, en el análisis no se usaron las estimaciones correspondientes a dichos peces. Los informes indican que el mayor número de larvas se presenta en mayo y junio, pero la mayor cantidad de nacimientos en un mes se produce en abril y en julio-agosto (Figura 23), lo que indica que el mayor desove se produce en una época posterior a la establecida hasta ahora, que las estimaciones de los incrementos dan resultados bajos o que los 11 peces seleccionados no son representativos de la totalidad de la población.

Una prueba adicional de desove tardío es la presencia de ejemplares de aleta amarilla de 22-26cm de longitud cerca de Himi en el Mar de Japón entre octubre y diciembre. Su tamaño es muy similar al de los ejemplares encontrados en agosto cerca de la Isla Shikoku en la costa del Pacífico de Japón. Sin embargo, entre octubre y diciembre también hay peces de 34-39cm de longitud en Himi; su tamaño es igual al de los de la Isla Shikoku, que supuestamente corresponden a desoves anteriores.

Las tasas de crecimiento del aleta azul en el Pacífico oriental se estimaron de dos maneras. En primer lugar, los radios desde el centro de las vértebras a los anillos sucesivos se sustituyeron en la ecuación

$$\log_{10} FL + 1.9046 = 0.9343 \log_{10} R$$

donde FL = longitud del pez, desde la punta del hocico hasta la horquilla de la cola en el momento de formación de los anillos, y R = radio desde la vértebra al anillo, expresándose ambas medidas en milímetros. Luego se dividió la diferencia entre las estimaciones de longitud de los anillos sucesivos, convertidos a centímetros, por los intervalos de tiempo expresados en meses. En segundo lugar,

se dividieron las diferencias entre las longitudes modales de los peces del mismo grupo de edad en distintos meses por los intervalos de tiempo expresado en meses, con base en datos de la frecuencia de talla de peces capturados durante el período 1981-1983. Los resultados correspondientes se señalan en la Tabla 14. Las inconsistencias en las progresiones modales y la falta de capturas durante el invierno, impiden la observación a largo plazo de las tasas de crecimiento en la captura del Pacífico oriental mediante el segundo método. Por lo tanto, sólo se puede observar el crecimiento durante el verano en algunos años. Las estimaciones hechas con estos métodos generalmente concuerdan con las de otro investigador que observó que el crecimiento del aleta azul capturado en el Pacífico oriental es de aproximadamente 20cm por año, o 1.67cm por mes. También encontró que durante el verano el aleta azul crece a un ritmo acelerado (aproximadamente 3.25cm por mes) y que los ejemplares capturados a fines del verano están a punto de alcanzar el límite superior del intervalo de tamaño para esa edad. Además, los datos del marcado (Informe Anual de 1981) de peces con una longitud promedio de 77cm al ser liberados y 97cm al ser recapturados, que permanecieron un promedio de 355 días en libertad en el Pacífico oriental, tienen una tasa similar de crecimiento anual de 1.67cm por mes.

## OCEANOGRAFIA Y ECOLOGIA DEL ATUN

### *Condiciones relacionadas con el evento de El Niño*

El personal de la CIAT ha observado las temperaturas superficiales del mar (TSM) en el Pacífico oriental tropical (POT) durante un cuarto de siglo. En dicho período las TSM han sido frecuentemente superiores a lo normal durante el verano del hemisferio sur. El calentamiento del océano habitualmente se presenta en una zona que se extiende desde el sur de Ecuador hasta el centro del Perú y, al oeste, hasta una línea que abarca desde las Islas Galápagos hasta aproximadamente 10°S. Las TSM han sido de 1° a 2°C mayores que lo normal en esta región de altamar durante casi todos los años, permaneciendo sin modificaciones durante varios meses, para volver al nivel normal a fines del invierno en el hemisferio sur. Sin embargo, las anomalías positivas han sido más de 2°C mayores que lo normal en algunos años, extendiéndose rápidamente hasta el ecuador y hacia la costa del Perú.

Durante el verano del hemisferio sur en 1985-1986 se produjo un calentamiento de corta duración a lo largo del litoral de Ecuador y el norte de Perú pero este fenómeno no fue expansivo ni bien organizado. Durante el primer trimestre de 1986, a lo largo de la línea ecuatorial, desde 100°W hasta 160°W, se habían producido afloramientos continuos de aguas más frías que lo normal porque los vientos alisios del sudoeste seguían estando fuertes. Sin embargo, en la región ecuatorial, entre 160°W y 160°E, las TSM habían sido hasta de 2°C superiores a lo normal en unos cuantos lugares durante varios meses. En el Pacífico central ecuatorial los vientos del levante fueron mucho más débiles que lo normal y los afloramientos fueron mínimos. Al finalizar el verano en el hemisferio sur, no se había producido el fenómeno de El Niño en el POT. No se habían presentado zonas organizadas y expansivas de anomalías positivas en las TSM, y a lo largo de la línea línea ecuatorial y las costas de Ecuador y Perú las TSM estaban por debajo

de lo normal. El Índice de Oscilación Austral no mostraba el aumento de presión característico de las primeras etapas del evento de El Niño. Además, el nivel del mar permaneció por debajo de lo normal a lo largo del litoral de Ecuador y Perú.

Durante el segundo trimestre de 1986, al iniciarse el invierno en el hemisferio sur, las TSM se enfriaron más rápidamente que lo normal a lo largo del litoral de Ecuador y Perú. En la región costera de Ecuador y Perú las zonas con TSM inferiores a lo normal por más de  $1^{\circ}\text{C}$  se extendieron notablemente entre abril y mayo de 1986 (Figura 24). Esto indicaba que los afloramientos costeros en la corriente del Perú estaban bien establecidos. La zona de altamar frente a Perú y Chile, entre  $5^{\circ}\text{S}$  y  $30^{\circ}\text{S}$ , también reflejó esta tendencia al enfriamiento en el segundo trimestre de 1986. En el segundo trimestre de 1986 se desarrolló una condición anti-El Niño en el POT, caracterizada por agua más fría. La tendencia al enfriamiento durante el segundo trimestre redujo la cantidad de tormentas tropicales que se desarrollaron entre junio y octubre al norte de la línea ecuatorial, entre  $90^{\circ}\text{W}$  y  $120^{\circ}\text{W}$ . Durante el tercer trimestre de 1986 las TSM siguieron estando por debajo de lo normal en la región ecuatorial ( $5^{\circ}\text{N}$ - $5^{\circ}\text{S}$ ) en casi todo el POT y a lo largo de la costa occidental de América del Sur. Sin embargo, en la zona central del Pacífico ( $150^{\circ}\text{E}$ - $170^{\circ}\text{W}$ ), durante casi todo el año las TSM fueron de  $1^{\circ}$  a  $2^{\circ}$  mayores que lo normal debido a vientos de levante orientales extraordinariamente débiles y a un fuerte calentamiento de la superficie en zonas donde la cubierta de nubes era escasa. Dos barcos de investigación de la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) que navegaron en el POT durante el segundo y tercer trimestre de 1986 encontraron TSM más frías de lo normal entre las Islas Galápagos y la costa de Ecuador. En promedio, la mayoría de las estaciones costeras de Ecuador y Perú tuvieron TSM más frías que lo normal durante el segundo y tercer trimestre de 1986.

Por contraste, el cuarto trimestre de 1986 se caracterizó por una tendencia al calentamiento en el POT al sur de  $10^{\circ}\text{N}$ , particularmente a lo largo de la línea ecuatorial entre  $85^{\circ}\text{W}$  y  $150^{\circ}\text{W}$  y también en el hemisferio sur desde  $5^{\circ}\text{S}$  hasta  $20^{\circ}\text{S}$ , entre  $100^{\circ}\text{W}$  y  $155^{\circ}\text{W}$ . En esta zona del Pacífico sur, el sistema austral de alta presión se vio frecuentemente debilitado en 1986 por las tormentas australes que penetraron la zona de alta presión. La magnitud de la tendencia al calentamiento se representa en la Figura 25 mediante la conformación (áreas sombreadas) de las anomalías positivas de más de  $1^{\circ}\text{C}$  en las TSM. Entre octubre y diciembre de 1986 las TSM aumentaron a ritmos mayores que lo normal a lo largo de la línea ecuatorial, frente a la costa de Perú a lo largo de  $85^{\circ}\text{W}$  y hacia el poniente a partir de  $95^{\circ}\text{W}$ . Sin embargo, la región de las TSM mayores que lo normal permaneció frente al litoral de Ecuador y Perú, salvo entre Talara y Chimbote, Perú, zona en que, en ocasiones el agua tibia invadió la región costera durante períodos cortos. A partir de observaciones batitermográficas realizadas a bordo de barcos mercantiles y naves de investigación de NOAA se advirtió que, durante el cuarto trimestre, la termoclina en el POT ecuatorial fue más profunda que lo normal. Además, en las estaciones costeras situadas entre Ecuador y el norte de California y en las islas del POT ubicadas al norte de  $10^{\circ}\text{S}$ , el nivel del mar comenzó a aumentar lentamente. En abril de 1986, en Manta, Ecuador, situado

en la costa a 0.5°S, las TSM fueron de 1.8°C menores que lo normal, y ocurrió una disminución gradual de las anomalías negativas de las TSM durante el tercer y cuarto trimestre de 1986. En la Figura 26 se señala la tendencia de la TSM observada en Manta, que parte de anomalías negativas en el primer y segundo trimestre de 1986 y que alcanza niveles normales al finalizar el cuarto trimestre. Los cambios oceánicos en el POT durante el cuarto trimestre de 1986, descritos anteriormente, indican el desarrollo de un evento de El Niño. El calentamiento en altamar asociado con este evento incipiente probablemente afectará a las costas de Ecuador y Perú durante el primer trimestre de 1987. Aunque se espera que este evento de El Niño sea débil en comparación con los de 1957-1958 y 1982-1983, se piensa que sus efectos más adversos recaerán sobre las pesquerías costeras de Ecuador y Perú en el primer semestre de 1987. Durante 1987 el personal de la CIAT seguirá observando este fenómeno e informando sobre el desarrollo de condiciones relacionadas con el evento de El Niño.

### ***Efectos del evento de El Niño de 1982-1983 sobre las condiciones pesqueras***

El personal de la CIAT ha estado investigando los posibles efectos de los cambios ambientales sobre la disponibilidad y vulnerabilidad del atún a la pesca de barcos cerqueros en el ARCAA durante y después de un evento de El Niño (Figura 1). El medio oceánico en la capa de mezcla superior y las condiciones pesqueras son afectadas por las condiciones marinas y las temperaturas superficiales marinas (TSM), las cuales están directamente relacionadas con los vientos superficiales. Durante el evento de El Niño en el Pacífico oriental tropical (POT) se producen aumentos en el nivel del mar, las TSM y la profundidad de la termoclina. En los Informes Anuales de 1984 y 1985 se describen otros efectos del evento de El Niño sobre el medio oceánico. Los notables cambios en vientos superficiales, corrientes oceánicas, TSM y profundidad de la termoclina durante un evento de El Niño aparentemente afectan el abastecimiento de alimento para los atunes. Además, el evento de El Niño aparentemente altera la distribución, abundancia aparente y vulnerabilidad de los atunes a la captura. Por ejemplo, la captura total de aleta amarilla en el ARCAA en 1983 fue 23 por ciento menor que la de 1982 (Tabla 1), lograda casi totalmente antes del comienzo del mayor evento de El Niño de este siglo, iniciado a fines de 1982. La captura de barrilete de 1983 fue 41 por ciento menor que la de 1982 (Tabla 1). Sin embargo, en 1984, a medida que fueron desapareciendo las condiciones provocadas por el evento de El Niño, la pesca fue mejorando y se lograron capturas de aleta amarilla y barrilete mayores que las de 1983 en un 53 y un 4 por ciento, respectivamente. Durante el cuarto trimestre de 1982 y el primer trimestre de 1983, al reducirse las tasas de captura en el ARCAA, gran parte de los barcos comenzaron a pescar en el Pacífico occidental donde las posibilidades de capturar atún eran mayores. La reducción del esfuerzo de pesca en el ARCAA fue la causa principal de las capturas escasas durante el evento de El Niño de 1982-1983. Sin embargo, este evento de aguas cálidas modificó el medio oceánico tan drásticamente que permite pensar que los atunes abandonaron la zona del ARCAA o que se mantuvieron fuera del alcance de las redes en aguas más profundas. Aparentemente, los atunes reaccionaron con rapidez frente a los cambios en las TSM y en las corrientes oceánicas a fines de 1982, puesto que los pescadores no pudieron encontrar ni

capturar atunes en cantidades considerables, particularmente dentro del ARCAA.

La investigación del efecto de los eventos de El Niño sobre la captura del atún se ha hecho mediante estudios en tres regiones pesqueras importantes del ARCAA: la zona del litoral de Ecuador y el norte de Perú, la zona triangular delimitada por Cabo San Lucas, Cabo Corrientes (México) y las Islas Revillagigedo, y la zona del Domo de Costa Rica (DCR) localizada cerca de  $9^{\circ}\text{N}$ - $90^{\circ}\text{W}$ . Se han resumido los datos sobre el ambiente y la captura del atún para hacer estudios comparativos de cada año del período 1960-1986. La preparación de los datos usados en estudios previos y en el actual se describen en los Informes Anuales de 1984 y 1985.

Uno de los cambios más dramáticos en el esfuerzo de pesca y la captura de atún dentro del POT ocurrió en la zona del DCR durante y después del evento de El Niño de 1982-1983. El DCR es una zona de extensos afloramientos de aguas subsuperficiales ricas en nutrientes situado aproximadamente 400 kilómetros al oeste de Costa Rica y Nicaragua cuyo centro, en promedio, se sitúa cerca de  $9^{\circ}\text{N}$ - $90^{\circ}\text{W}$ . Generalmente se extiende hacia el oeste a favor del viento. Los afloramientos en el DCR se deben fundamentalmente al cambio de dirección de la Contracorriente Ecuatorial del norte. El Informe Anual de 1985 describe en mayor detalle cómo se mantiene el afloramiento en la zona del DCR. Durante el primer y cuarto trimestre de cada año suelen soplar sobre el DCR fuertes vientos de levante desde Nicaragua que provocan la expansión o la divergencia del agua superficial. La divergencia intensifica el afloramiento de aguas ricas en nutrientes lo cual fomenta la producción de alimento primario. Posteriormente, desde el primer hasta el tercer trimestre, hay una abundante cantidad de plancton y micronecton, haciendo que la zona del DCR sea, generalmente, una de las zonas de alimentación primaria más productivas del ARCAA. Sin embargo, cuando se produce un evento de El Niño importante (que dura un año o más), se alteran los vientos superficiales y las corrientes oceánicas en el POT. En consecuencia, en el DCR disminuyen notablemente los afloramientos y la producción de alimentos. Al finalizar el evento de El Niño, los vientos superficiales y el medio oceánico vuelven a la normalidad, se producen afloramientos nuevamente y la producción aumenta.

La pesca en la zona del DCR generalmente es intensa durante el primer semestre de cada año y antes del inicio de la temporada de vientos fuertes de verano, que comienza en julio, y que se caracteriza por frecuentes tormentas y mar agitado. En los recuadros A, B y C de la Figura 27 se señala la media a largo plazo (1962-1986) de las variaciones anuales en la CPUE de barrilete y aleta amarilla (capturas en toneladas por día de pesca no ajustadas según el tamaño de la embarcación) y el esfuerzo de pesca correspondiente a la zona del DCR. Para fines comparativos, estos recuadros incluyen las variaciones anuales del esfuerzo de 1983, (año del más intenso evento de El Niño), y de 1985 y 1986 (años normales o de condiciones anti-El Niño). En los recuadros D, E y F se señala la media a largo plazo (1962-1986) de las variaciones anuales del viento y las TSM, junto con datos de 1985 y 1986 para fines comparativos. Los datos de 1983 y 1984 sobre el DCR se analizaron en detalle en el Informe Anual de 1985. En el presente informe se presentan nuevamente los datos de captura, esfuerzo y condiciones

ambientales de 1983 para su comparación con datos correspondientes de 1985 y 1986. Durante esos dos años predominó en el POT una condición anti-El Niño, o de aguas relativamente frías. El esfuerzo de pesca (número de días de pesca en la zona del DCR) registrado durante el evento de El Niño de 1982-1983 fue el más bajo desde 1962 debido a las capturas escasas, por lo que muchas embarcaciones se trasladaron al Pacífico occidental donde habían condiciones más favorables para la pesca. En 1983, la CPUE de aleta amarilla fue muy baja y la de barrilete también fue inferior a la media de 1962-1986, salvo la lograda durante los meses de abril y julio-agosto (Figura 27, recuadros A, B y C). Entre fines de 1982 y mayo de 1983, la velocidad de los vientos sobre el DCR fue muy baja y la dirección variable, aunque predominaron los vientos del poniente entre marzo y mayo. Normalmente, los vientos provienen de oriente con mayor intensidad durante el primer y segundo trimestre del año. La zona sombreada en el recuadro D señala el período de vientos anormales del poniente. En el segundo semestre de 1983 la dirección y velocidad del viento fue más parecida al promedio de las condiciones existentes en el período 1962-1986. En el recuadro E la velocidad del viento se ha elevado al cuadrado para disponer de un término que se aproxima al esfuerzo del viento. Esto es una fuerza que actúa sobre la superficie del mar haciendo que se mezcle la capa superior. El esfuerzo también desplaza el agua en la misma dirección en que sopla el viento. Por ejemplo, los vientos del poniente que soplaron sobre el DCR a principios de 1983 empujaron el agua hacia la costa. En consecuencia, los vientos del poniente y la velocidad (esfuerzo) del viento menor que lo normal junto con el alto nivel del mar en el POT, probablemente causaron afloramientos débiles entre el cuarto trimestre de 1982 y el segundo trimestre de 1983. Luego, suponiendo que se redujeron los afloramientos en la zona del DCR, se habría producido una reducción considerable del enriquecimiento de nutrientes y la producción de alimentos primarios en el DCR, particularmente durante la primavera de 1983. En consecuencia, debido a la limitación del alimento en la zona del DCR, habría sido escasa la abundancia aparente de los atunes y su disponibilidad para la flota pesquera. La baja CPUE de aleta amarilla y barrilete en 1983 tiende a favorecer esta hipótesis (recuadros A y B).

En 1985, las TSM, los vientos y las corrientes oceánicas habían regresado a niveles casi normales y volvieron a haber condiciones anti-El Niño en el POT. Los barcos también regresaron al POT en grandes cantidades operando en la zona del DCR donde las TSM sólo estuvieron ligeramente por encima de lo normal hasta junio de ambos años, momento en el cual decayeron a niveles anormales (recuadro F). La dirección de los vientos superficiales fue casi normal en 1985 y 1986 (recuadro E). Durante el primer, segundo y cuarto trimestre de ambos años predominaron vientos del levante cuya velocidad y esfuerzo eran superiores a lo normal. Aunque el esfuerzo del viento no fue notablemente mayor que el del período 1962-1986, la persistencia de vientos del este de mayor velocidad creó divergencias en el DCR durante ambos años, incrementando significativamente el afloramiento durante 1985 y 1986, años en que se presentaron condiciones anti-El Niño. Estas condiciones, combinadas con la poca profundidad de la termoclina, probablemente hicieron que los atunes fueran más vulnerables a la captura de cerqueros en 1985 y 1986. En estos años, las CPUE de aleta amarilla fueron mucho mayores que



lo normal (recuadro B), con un esfuerzo de pesca cercano al normal en 1985 e inferior al normal durante casi todo 1986 (Recuadro C). En el segundo semestre de 1985 y 1986, el esfuerzo de pesca no fue mucho mayor que durante el evento de El Niño de 1983; sin embargo, las CPUE de aleta amarilla fueron mucho mayores que lo normal. En 1985, las CPUE de barrilete fueron bajas, salvo en abril y octubre-noviembre, época en que generalmente mejora la pesca de cardúmenes libres en la zona del DCR. En 1986, las CPUE de barrilete, en promedio, fueron superiores a lo normal, a pesar de que el esfuerzo de pesca de cardúmenes libres de peces más pequeños registrado en los informes fue menor que el de aleta amarilla de más tamaño.

Durante 1985 y 1986, años en que hubo condiciones anti-El Niño, las capturas totales de aleta amarilla en el ARCAA mejoraron mucho en comparación con las de 1983. Con base en datos del ARCAA de la Tabla 1, se observa un aumento promedio de 156 por ciento en los últimos dos años en relación con la captura de aleta amarilla de 1983. En consecuencia, 1985 y 1986 son los años en que se registraron las mayores capturas de aleta amarilla en el ARCAA. El regreso de la flota pesquera al ARCAA después de los efectos desastrosos del evento de El Niño de 1982-1983 contribuyó mucho al notable aumento de las capturas de atún. Sin embargo, el reestablecimiento de condiciones oceánicas favorables, combinadas con condiciones favorables para la pesca, también contribuyó significativamente al aumento de la disponibilidad y vulnerabilidad a la captura del atún, particularmente en la zona del DCR.

## INVESTIGACIONES ATUN-DELFIN

Como se señala en la página 173 del presente informe, las responsabilidades de la Comisión incluyen la investigación de los problemas que se derivan de la asociación entre atunes y delfines en el Océano Pacífico oriental.

### *Obtención de datos*

El personal de la CIAT embarca técnicos científicos en cerqueros de los países que cooperan con sus programas y que pescan atunes asociados con delfines en el Pacífico oriental. Estos técnicos obtienen datos sobre mortalidad incidental de delfines, abundancia de mamíferos marinos y esfuerzo pesquero. El trabajo se lleva a cabo a bordo de estos barcos de manera de obtener muestras representativas de la totalidad de viajes y de esa forma minimizar la varianza de las estimaciones de abundancia y mortalidad de delfines. Cerqueros que navegan bajo banderas de Costa Rica, Estados Unidos, Ecuador, México, Panamá, Vanuatú, y Venezuela llevaron técnicos de la CIAT en 1986.

La selección de viajes a muestrear en 1986 fue diferente para barcos de Estados Unidos y para embarcaciones de otros países. A principios del año, el National Marine Fisheries Service (NMFS), inició un programa de muestreo para barcos de bandera estadounidense en el cual, para asegurar un nivel de muestreo de por lo menos 40 por ciento de los viajes, los barcos llevarían o un técnico científico de la CIAT o un observador del NMFS en cada segundo viaje, personal provisto alternativamente por la CIAT y el NMFS. (De ahora en adelante, para

mayor sencillez, al referirse a técnicos científicos de la CIAT y observadores del NMFS en la misma frase, se usará la expresión “técnicos de la CIAT y el NMFS” o simplemente “técnicos”.) A mediados de 1986, la mortalidad estimada de delfines causada por la flota de Estados Unidos avanzaba a un paso tal que indicaba que la cuota de 20,500 animales, asignada anualmente a esta bandera por autoridades de ese país, iba a ser alcanzada antes del fin del año. Por lo tanto, para mejorar la confiabilidad de la estimación de la mortalidad de delfines, el NMFS aumentó la cobertura de muestreo con un objetivo de aproximadamente el 70 por ciento para el resto del año. Este incremento en el muestreo fue compartido igualmente por la CIAT y el NMFS.

Sin embargo, a mediados de octubre, el NMFS estimó que la flota de Estados Unidos había alcanzado la cuota asignada de delfines, y a partir del 22 de octubre fue ilegal para cerqueros de Estados Unidos efectuar lances sobre atunes asociados con delfines, permaneciendo esta prohibición en efecto hasta fin de año. A partir de esa fecha, todos los barcos de los Estados Unidos debían llevar personal del NMFS durante el resto del año para garantizar el cumplimiento de la ley estadounidense. (Esta fue sólo la segunda ocasión en que la flota de EE.UU. alcanzó su cuota de mortalidad de delfines, la primera fue en 1976.) La cobertura de muestreo de salidas de barcos de la flota de EE.UU., realizada en forma conjunta por la CIAT y el NMFS, sin incluir las salidas durante el período de clausura, fue de aproximadamente 43 por ciento. La cobertura estimada de los viajes de barcos estadounidenses que efectuaron lances sobre delfines en 1986, incluyendo los viajes iniciados en 1985 y que no terminaron hasta 1986, fue de aproximadamente 42 por ciento.

Para embarcaciones de otros países, incluyendo cuatro embarcaciones con bandera de EE.UU. que operan con contratos desde Venezuela, el personal de la CIAT intentó mantener una cobertura del 33 por ciento de las partidas durante el año, aunque por diversos factores, de orden logístico en la mayoría de los casos, la cobertura fue de aproximadamente 26 por ciento de las salidas. La cobertura estimada de viajes de embarcaciones de otros países, que efectuaron lances sobre delfines en 1986, fue de aproximadamente 25 por ciento.

Para la totalidad de la flota internacional, la cobertura de ambos programas de salidas y viajes en que se efectuaron lances sobre delfines llegó a aproximadamente 30 por ciento, excluyendo viajes de barcos con bandera de EE.UU. durante el período de clausura. En la Tabla 15 se resume la cobertura de viajes de la flota internacional en que se efectuaron lances sobre delfines y el tonelaje de atún capturado en lances sobre delfines en 1986.

Los dos programas muestrearon un total de 121 viajes durante el año, 101 por la CIAT y 20 por el NMFS. Seis de los viajes muestreados por la CIAT se habían iniciado en 1985. Este total representa un incremento del 64 por ciento sobre el número de viajes muestreados en 1985 (74), y los 101 viajes de la CIAT representan un aumento de casi el 100 por ciento sobre el número de viajes de la CIAT en 1985 (51). Este aumento se debe principalmente al hecho de que México se integró este año al programa internacional. Otra razón para el aumento en el muestreo de las flotas de otros países fue la clausura de operaciones para la flota

de EE.UU. discutida previamente. En el momento de la clausura se modificaron los reglamentos de importación de atún a EE.UU., estipulando que los barcos de otras banderas que desearan exportar atún aleta amarilla o patudo a los EE.UU. debían llevar a bordo un técnico de un programa nacional o internacional que verificara que la captura que se deseaba exportar a los EE.UU. no hubiera sido obtenida en asociación con delfines. Por lo tanto, en varios casos se solicitó a la CIAT que proporcionara técnicos para esas embarcaciones durante el período de clausura.

En la Figura 28 se señala el número de viajes muestreados bajo los programas de la CIAT y el NMFS desde 1979. La disminución durante los primeros años del decenio actual se debió principalmente a la menor magnitud de la flota de los EE.UU., a los cambios de abanderamiento y al traslado de muchos barcos estadounidenses al Océano Pacífico occidental. El aumento en la cantidad de viajes desde 1983 se debe fundamentalmente a la expansión de las flotas de otros países y a su mayor participación en el programa internacional de la CIAT. El año de 1986 es la primera ocasión en que la muestra de los otros países ha sido mayor que la de los EE.UU.

### ***Entrenamiento de técnicos***

En 1986, se llevaron a cabo cuatro cursos para entrenar técnicos científicos en la obtención de datos sobre delfines a bordo de cerqueros. Los primeros dos cursos, uno en Cumaná, Venezuela y el otro en Guayaquil, Ecuador fueron auspiciados conjuntamente por la CIAT y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), y se discuten en la sección titulada *Actividades del programa conjunto CIAT-PNUMA*.

El tercer curso, para biólogos mexicanos, se llevó a cabo en Ensenada, México, del 17 al 27 de Noviembre de 1986. Los 16 biólogos que asistieron al curso recibieron entrenamiento en identificación de mamíferos marinos y atunes, requisitos y procedimientos para la obtención de datos, estimación del tamaño de manadas de mamíferos marinos, actividades pesqueras y artes de pesca atuneras, y protocolos de seguridad y comportamiento a bordo.

Del 15 al 19 de diciembre de 1986 se efectuó un cuarto curso, para técnicos del NMFS de los EE.UU., en San Diego, California. Los técnicos estadounidenses recibieron instrucción sobre los procedimientos seguidos en la obtención de datos para la CIAT y en la estimación del tamaño de manadas de mamíferos marinos como complemento al entrenamiento impartido por el NMFS. Dicha institución asigna estos técnicos a la CIAT para viajes de barcos estadounidenses muestreados por la Comisión.

### ***Estudios de las artes de pesca***

Las tasas de mortalidad de delfines durante la maniobra de retroceso (en la que se maniobra el barco de manera de liberar la mayor cantidad posible de delfines atrapados en la red) son mayores en lances que finalizan en la oscuridad que en los efectuados durante el día. El uso de reflectores de alta potencia durante el retroceso nocturno disminuye la mortalidad. Como se señaló en el Informe Anual

de 1985, como parte de un proyecto conjunto de la CIAT y el PNUMA para promover el uso de artes de pesca y procedimientos efectivos para reducir la mortalidad de delfines en los cerqueros que operan desde puertos en América Latina, se adquirieron 40 reflectores para maniobras de retroceso efectuadas de noche. Al finalizar el año, 30 de estos reflectores habían sido entregados en préstamo a barcos latinoamericanos. Las opiniones de los capitanes sobre la efectividad de las luces han sido ambigüas pero la mayoría piensa que las luces contribuyen a la liberación de delfines durante retrocesos nocturnos. A mediados de 1986, el uso de estos reflectores se hizo obligatorio para embarcaciones de bandera de EE.UU.

El personal de la CIAT continuó sosteniendo charlas informales, en todas las oportunidades posibles, con capitanes de embarcaciones que tuvieron alta mortalidad de delfines durante viajes muestreados por la CIAT. Durante estas reuniones se analizaron causas de mortalidad, medidas tomadas para reducirla y posibles medidas adicionales para el futuro, destinadas a reducir el riesgo de repetición de esas altas tasas de mortalidad.

El personal participó, en cuatro ocasiones durante 1986, en procedimientos de alineación del paño de seguridad para delfines, efectuados en barcos de bandera mexicana. Este procedimiento implica llevar a cabo un lance de prueba en aguas locales, para alinear el paño de seguridad en el canal de retroceso que permita una liberación eficiente de los delfines.

El personal de las oficinas regionales continuó distribuyendo literatura y material audiovisual sobre reducción de la mortalidad de delfines a las tripulaciones, capitanes, administradores y dueños de embarcaciones atuneras.

Los datos recolectados en años anteriores por técnicos de la CIAT sobre el tipo y dimensiones de la red y paño de seguridad para delfines en los barcos frecuentemente han sido inexactos o inconsistentes. Para mejorar la base de datos sobre aparejos de pesca, se modificó la forma de entrenamiento de técnicos en la recopilación y registro de los datos. Anteriormente, los técnicos dependían casi totalmente de la información sobre dimensiones de la red y el tipo y dimensiones del paño de seguridad proporcionada por la tripulación. El uso de cintas video durante el entrenamiento, que muestran la operación de recuperación de la red, debiera capacitar a los técnicos para estimar las dimensiones de la red y del paño de seguridad y el tipo de paño de seguridad con mayor exactitud. La mayor precisión de los datos sobre artes de pesca permitirá al personal de la CIAT comprender mejor las causas de la alta mortalidad de delfines. Además, se preparó un programa de computación para el análisis de datos de viajes individuales, específicamente de datos relacionados con el retroceso, rescate luego del retroceso, mortalidad y causas de mortalidad. Esto permitirá que el personal proporcione información sobre la mortalidad de delfines con mayor prontitud a los capitanes de barcos y administradores de compañías.

#### ***Actividades del programa conjunto CIAT-PNUMA***

En 1985 se planteó un proyecto para intensificar las actividades del programa atún-delfín de la CIAT en América Latina. El Programa de las Naciones Unidas

para el Medio Ambiente (PNUMA) proporcionó una parte del financiamiento del proyecto, como parte de su Plan Global de Acción para la Conservación, Manejo y Utilización de Mamíferos Marinos, y el Sr. Bent Nielsen fue puesto a cargo del Programa. Las actividades de éste programa continuaron en 1986 y las principales tareas que se llevaron a cabo fueron las siguientes:

a) Cursos para técnicos científicos;

Como parte del programa conjunto CIAT-PNUMA se efectuaron dos cursos de entrenamiento de técnicos durante el año. Se efectuó un curso para biólogos venezolanos en Cumaná, Venezuela del 1 al 9 de octubre de 1986. Treinta y dos biólogos asistieron al curso que se llevó a cabo en la Universidad de Oriente en Cumaná. Los estudiantes recibieron un entrenamiento similar al descrito anteriormente, que fue complementado con una sección sobre disección de atún aleta amarilla y procedimientos de recolección de gónadas para un estudio de la biología reproductiva del atún aleta amarilla.

El otro curso, destinado a biólogos ecuatorianos, se realizó del 20 al 27 de octubre de 1986 en Guayaquil, Ecuador. Veintiún estudiantes participaron en el curso que se llevó a cabo en la Universidad de Guayaquil. Los estudiantes recibieron el mismo entrenamiento que el impartido durante el curso en Cumaná.

b) Cursos sobre mamíferos marinos:

Se dictaron dos cursos, "Estimación de abundancia de mamíferos marinos" y "Biología de mamíferos marinos", el primero en Cumaná, Venezuela y el segundo en Guayaquil, Ecuador. De más de 100 postulantes los siguientes estudiantes de las regiones del Caribe y Pacífico Sudoriental del PNUMA fueron seleccionados: J.C. Cárdenas y J. Oporto (Chile); A. Acero y G.M. Prieto (Colombia); M.A. Prieto y W.T. Rodríguez (Ecuador); D. López (Panamá); J.C. Reyes y V. Guillén (Perú); M.C. Coronado y J.L. Naveira (Venezuela). Se agradece profundamente la cooperación del Dr. J. Escobar de la Comisión Permanente del Pacífico Sur, en la recepción de las solicitudes y en la selección de los estudiantes. Otros dos estudiantes, F. Yáñez y O. Figueroa, miembros de la Guardia Nacional de Venezuela, organismo responsable de la conservación de mamíferos marinos en ese país, fueron designados por el gobierno de Venezuela para asistir a los cursos. Además, doce estudiantes locales asistieron al curso en Venezuela y 26 al de Ecuador.

Los cursos se describen a continuación:

**CURSO 1: Estimación de Abundancia de Mamíferos Marinos**

*Lugar:* Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela

*Fecha:* 17 de Noviembre-4 de Diciembre, 1986

*Estudiantes:* Los participantes provinieron de las Regiones Caribe y Pacífico sudoriental del Programa Mares Regionales del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.

*Instructores:* S. Boyer, S. Buckland y M. Hall (CIAT), y P. Arenas y A. Parma (University of Washington).

*Programa:*

- Introducción a los mamíferos marinos y su rol en el ecosistema.
- Problemas principales para la conservación y manejo de los mamíferos marinos.
- Interacción con el hombre: pesca directa y captura incidental.
- Modelos usados para el manejo de los mamíferos marinos: rendimiento máximo sostenible y variaciones, suposiciones, deficiencias y resultados de su empleo.
- Monitoreo de los mamíferos marinos como alternativa de los modelos para la conservación y manejo.
- ¿Qué es estimación? Sesgo, precisión, abundancia absoluta y relativa, y tendencias.
- Muestreo de poblaciones de mamíferos marinos.
- Estimación de las varianzas: métodos analíticos y no paramétricos.
- Métodos usados para estimar la abundancia.
  - Transecto lineal o por banda: modelos y supuestos.
  - Evaluaciones desde la costa, aéreos y en barco. Diseño y comparación.
  - Conteos. Problemas prácticos y limitaciones.
  - Marcación-recaptura: supuestos, modelos (población abierta y cerrada).
  - Métodos de la captura por unidad de esfuerzo: Leslie, De Lury, Ricker, Chapman y Allen.
  - Marcas o fotoidentificación como medio de "captura".
  - Métodos de cambio en la razón: Kelker, Chapman y Paulik-Robson.
  - El uso de la simulación para evaluar el sesgo y la precisión de métodos.
- Estimación de la mortalidad incidental.

La colaboración del Dr. Julio E. Pérez, director del Instituto Oceanográfico de Venezuela, fue fundamental en la coordinación del curso, y se agradece profundamente su apoyo. También se agradece la colaboración prestada por el personal del Instituto. En la Figura 29 se presenta la lista de instructores y estudiantes.

**CURSO 2: Biología y Ecología de Mamíferos Marinos**

*Lugar:* Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador

*Fecha:* 5-20 de Diciembre, 1986

*Estudiantes:* Igual que en el Curso 1.

*Instructores:* A. Aguilar (Universidad de Barcelona), A. Hohn, M. Lowry, y W. Perrin (U.S. National Marine Fisheries Service), M. Scott (CIAT), O. Vidal (Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, ITESM-Guaymas). M. Scott estuvo a cargo de la organización de este curso, con la colaboración del Biól. V. Salazar de la Universidad de Guayaquil y del Director, Dr. Roberto Jiménez, y el personal del Instituto Nacional de Pesca.

*Programa:*

- Introducción a los mamíferos marinos: características generales de los cetáceos, pinnípedos y sirenios.
- Identificación de mamíferos marinos; énfasis en las especies de la América tropical.

- Técnicas de laboratorio para el estudio de mamíferos marinos.
  - Recolección y conservación de ejemplares.
  - Biología reproductiva: anatomía, histología y análisis.
  - Estimación de la edad: preparación de dientes de pinnípedos y delfines y tapones de oídos de ballenas. Interpretación y análisis.
- Técnicas de campo para los mamíferos marinos (presentación de las técnicas y resultados de algunos estudios usando estas técnicas).
  - Necropsia de delfín.
  - Procesamiento de animales varados: procedimientos.
  - Manejo de capturas incidentales.
  - Empleo de la fotoidentificación.
  - Estudios marcación-recaptura: técnicas, problemas, descripción de movimientos, comportamiento, estructura social y reproducción.
  - Sistemas de rastreo: teodolito, radio, sonar y satélite.
  - Observaciones del comportamiento en el mar o en colonias de cría.
  - Técnicas especiales: fotogrametría y acústica.
- Legislación de la conservación y manejo. Interacciones con pesquerías.
  - Organizaciones internacionales. Centros de Investigación. Programas académicos.

Como parte del curso en Ecuador, se realizó un crucero de nueve días a bordo del barco de investigación *Sirius* desde Manta hasta las Islas Galápagos. El propósito de este crucero fue el de familiarizar a los estudiantes con las técnicas de evaluación de cetáceos, mejorar su capacidad de identificación de mamíferos marinos, y observar comportamiento de pinnípedos. A bordo del barco se dieron clases sobre técnicas de campo para mamíferos marinos. Participaron 32 estudiantes en el crucero, permaneciendo dos días en las Islas Galápagos, durante los cuales se visitaron criaderos de lobos marinos en las islas Santa Cruz y Española.

Se agradece profundamente la cooperación de University of Washington, Universidad de Barcelona, U.S. National Marine Fisheries Service y de ITESM-Guaymas que permitieron a miembros de su personal participar en el dictado de los cursos.

### ***Mortalidad incidental de delfines***

Los métodos usados en la estimación de la mortalidad incidental de delfines han sido discutidos en detalle en los Informes Anuales de años anteriores, por lo que serán revisados brevemente en esta oportunidad. Algunas de las especies o stocks de delfines capturados por la pesquería se distribuyen en áreas definidas, y en raras ocasiones son capturados fuera de las mismas; otras están presentes en todo el Océano Pacífico oriental tropical, pero sus tasas de mortalidad son diferentes según las áreas, debido a adaptaciones en el comportamiento frente a la pesquería que mejoraron las tasas de supervivencia para aquellos animales que han estado más expuestos a la acción de la misma. Sobre la base de estas consideraciones, se utilizaron varias estratificaciones espaciales para los stocks involucrados. Las Figuras 30-32 muestran las áreas usadas para los principales stocks. Dentro de cada una de esas áreas, la mortalidad por lance y por tonelada

para cada stock se calcularon a partir de los datos registrados por los técnicos, y se utilizaron en forma conjunta con datos sobre el número total de lances realizados o el número total de toneladas capturadas en las mismas áreas para estimar las mortalidades totales. Los datos para los barcos de todas las banderas se combinaron luego que pruebas estadísticas no indicaron que hubiera diferencias significativas en las tasas de mortalidad entre los barcos de EE.UU. y de los demás países en el período 1979-1983, para la mayoría de las áreas.

En la Tabla 16 se presentan las estimaciones de la mortalidad incidental de los principales stocks de delfines durante 1986. Los valores son más altos que los correspondientes a años anteriores, reflejando el efecto de varios factores que influyeron en las operaciones de pesca durante este año. Los factores que afectan a las estimaciones de mortalidad pueden ser clasificados en dos grupos principales: aquellos que afectan el número total de lances hechos sobre cardúmenes asociados con delfines o las toneladas de pescado capturado en asociación con delfines, y aquellos que afectan la tasa de mortalidad de los delfines capturados en las redes.

***Factores que afectan el número de lances sobre manadas de delfines o las toneladas capturadas con delfines***

***Incremento en la pesca total sobre delfines***

En 1986, como en 1985, se realizaron más de 10,000 lances sobre atunes asociados con delfines. Este nivel es considerablemente más alto que el correspondiente al período 1982-1984 (Figura 33). En la misma figura puede verse que la proporción de lances sobre delfines se incrementó desde menos de un tercio en 1979-1983 hasta alcanzar más de la mitad en 1985-1986, haciendo de la pesca sobre delfines el modo de pesca dominante. Las razones para este cambio son (1) los precios más altos del atún aleta amarilla de mayor tamaño, usualmente encontrado en asociación con los delfines, y (2) las excelentes capturas hechas en lances sobre delfines (Figura 34). Después del fenómeno de El Niño de 1982-1983 las capturas se incrementaron de un promedio de aproximadamente 11 toneladas por lance en 1979-1983, a alrededor de 18 en 1984-1985, y a casi 21 toneladas por lance en 1986.

***Incremento en la pesca sobre stocks específicos o en áreas específicas***

Además de los cambios en el número de lances sobre delfines (o toneladas de pescado capturado en lances sobre delfines), la distribución espacial de los lances sobre delfines es importante. Dado que se obtienen estimaciones para varios estratos espaciales, y dado que algunos de los stocks se capturan sólo en áreas limitadas del Pacífico oriental, los cambios en la distribución de la pesca pueden tener efectos considerables en las mortalidades de los diferentes stocks. En la Tabla 17 se ve que el porcentaje de lances sobre delfines comunes fue más alto que lo usual en 1986, indicando una concentración de esfuerzo en áreas donde esta especie es más abundante.

***Factores que afectan la tasa de mortalidad de delfines encerrados en la red***

***Capturas mayores***

La mortalidad de delfines por lance es afectada por el volumen de atún capturado en esos lances. Esto podría deberse al mayor daño causado a los delfines



por la lucha de los atunes en la red, al mayor tiempo requerido para completar un lance con mayor cantidad de atún, o a ambos factores. En la Figura 35 se aprecia que cuando las capturas están cerca de las 11 toneladas, promedio del período 1979-1983, la mortalidad por lance es de alrededor de 4 animales, pero cuando las capturas alcanzan las 21 a 25 toneladas, la mortalidad promedio por lance se incrementa a aproximadamente 7 animales. Sin embargo, las tasas de mortalidad por tonelada para los dos períodos son similares. Obviamente, la duración de los lances está correlacionada con las cantidades de pescado capturado. La duración promedio del lance se incrementó de alrededor de 2½ horas en 1979-1983 a aproximadamente 3 horas en 1986 (Figura 36).

#### ***Mayor proporción de lances nocturnos***

La tasa de mortalidad para los lances completados de noche son mayores que para aquellos completados de día. La proporción de lances nocturnos fue mayor en 1986 que en años anteriores (Figura 37), lo que incrementó la mortalidad total. La mayor duración promedio de los lances en 1986 probablemente fue una de las causas principales de la mayor proporción de lances nocturnos. El número de lances nocturnos también aumentó en 1986 (Figura 38).

#### ***Mayor proporción de lances sobre especies o stocks con altas tasas de mortalidad***

No todas las especies de delfines tienen la misma tasa de mortalidad. Es sabido que los delfines comunes experimentan tasas de mortalidad que son varias veces más altas que las de los delfines manchados de altamar. La proporción de lances sobre delfines comunes en 1986 fue de casi 7 por ciento, comparado con alrededor de 1 por ciento en el período 1982-1984 y alrededor de 4 por ciento en 1985 (Tabla 17). Esto causó un incremento general en la mortalidad de delfines en 1986.

#### ***Mayor proporción de delfines juveniles en la población***

En 1986, la proporción de delfines manchados de altamar en etapas pre-adultas entre los animales muertos incidentalmente fue la más alta desde 1979 (Figura 39). Los animales jóvenes tienden a sufrir mayores tasas de mortalidad, dado que su comportamiento es diferente al de animales de mayor edad que han tenido más experiencia en escapar de las redes. Es probable también que las crías causen un incremento en la mortalidad de sus madres luego de que se enredan en las redes. Debe notarse, sin embargo, que la gran proporción de pre-adultos en la población indica un reclutamiento superior al promedio en años recientes, lo que puede ser considerado como una señal positiva.

---

Dado que 1985 y 1986 fueron años caracterizados por un gran interés en atunes asociados con delfines, es necesario interpretar los resultados con precaución. Cuando los pescadores dirigen su esfuerzo hacia atunes asociados con delfines, su *modus operandi* cambia completamente, y esto puede afectar los resultados de manera significativa. Además, la incorporación de los datos de la flota mexicana mejora la cobertura muestral, probablemente reduciendo o eliminando algunos sesgos, pero al mismo tiempo altera la consistencia de las series de tiempo. La

incorporación de información correspondiente a un sector tan grande de la flota puede tener consecuencias en la interpretación de algunos de los datos. Por ejemplo, si el esfuerzo de los barcos mexicanos tiende a concentrarse más cerca de la costa que el del resto de la flota, las características de los cardúmenes costeros tendrán un efecto repentino sobre la base de datos. Si las áreas costeras tienen tasas de reproducción diferentes, parecerá que está ocurriendo un cambio fundamental en la población, mientras que en realidad se está eliminando un sesgo. Los stocks que son los objetivos más comunes de la flota mexicana también pueden mostrar cambios aparentes en la abundancia. Los efectos de estos sesgos pueden reducirse en cierta medida por medio de la estratificación, pero se requiere una serie temporal larga, insesgada y consistente para producir resultados que puedan utilizarse con completa confianza.

### ***Estimación de la abundancia de delfines***

#### ***Validación de datos***

En 1986 se desarrolló un procedimiento para estimar la abundancia de delfines, usando datos colectados por técnicos de la CIAT y el NMFS. Los análisis preliminares indicaron que existían algunas inconsistencias en las bases de datos tanto de la CIAT como del NMFS. Los datos son verificados después de incorporarse a la base de datos, y este procedimiento de validación ha sido mejorado en años recientes. Sin embargo, los datos correspondientes a los primeros años no habían sido verificados aplicando el procedimiento mejorado. Se examinó el conjunto de advertencias provistas por éste, y se agregaron algunas nuevas para detectar probables errores. Se comenzó entonces la prolongada tarea de revisar todos los datos de avistamientos de años pasados para ambas bases de datos (CIAT y NMFS).

#### ***Análisis por transectos lineales***

Concluida la validación de los datos, se comenzó con la tarea de estimar el tamaño de cada stock importante de delfines manchado, tornillo y común. Los primeros datos de avistamientos colectados por la CIAT corresponden a 1979, mientras que el programa del NMFS, que reúne información de la flota de EE.UU. solamente, comenzó en 1974. Dado que no existían datos suficientes en ese primer año como para permitir una estimación confiable, las evaluaciones de los tamaños de los stocks y las estimaciones de tendencias en la abundancia cubren el período 1975-1986. Las únicas estimaciones previas de tendencias a partir de estos datos son aquellos calculados por el NMFS para el período 1977-1980 (Mar. Mammal Sci., 3(1): 54-77) y por la CIAT para el período 1977-1981 (Int. Whaling Comm., Rep., 33: 565-588).

Los datos sobre avistamientos son colectados por técnicos de la CIAT y del NMFS a bordo de barcos atuneros. La mayor parte de los avistamientos son realizados por miembros de la tripulación por medio de binoculares de alta potencia. Por lo tanto, el personal de la CIAT no tiene control sobre la derrota del barco, ni sobre los métodos de búsqueda. Tras haber detectado una manada de delfines, la decisión de efectuar un lance depende de la presencia de una cantidad suficiente de atunes. En consecuencia, no hay manera de reducir los efectos de muchas de

las violaciones de los supuestos del método de transectos lineales, y debe intentarse desarrollar métodos de estimación robustos.

En primer lugar, se estratificó el Océano Pacífico Oriental en regiones geográficas, cada una correspondiente a un stock. Hay diferentes estratificaciones para las distintas especies, y en el caso del delfín tornillo, se superponen dos de las regiones. Dentro de cada región, si los datos son suficientes, se realiza una estratificación adicional, utilizando un esquema de estratificación dependiente de los datos. Se calcula una estimación suavizada de la tasa de encuentro para cada área de un grado de lado, y se combinan los datos para las áreas de un grado con tasas de encuentro similares. Este procedimiento produce estratos que se asemejan a las áreas entre isopletras en un mapa; una colina corresponde a un área de alta densidad y un valle a una de baja densidad. Dentro de cada estrato, hay una distribución aproximadamente uniforme de manadas de delfines, lo que permite suponer que las manadas están distribuidas al azar dentro del estrato. Un intento similar de estratificar por esfuerzo, de manera que fuera posible suponer una distribución aleatoria del esfuerzo de búsqueda dentro de cada estrato, no tuvo éxito. Esto se debió a que la distribución espacial del esfuerzo era demasiado heterogénea, dando como resultado un estrato grande de poco esfuerzo, para el que la estimación fue pobre, y muchos estratos pequeños cada uno con relativamente pocas manadas de delfines, para los que la estimación fue aceptable. La estimación de abundancia total fue pobre dado que el estrato de poco esfuerzo incluía, posiblemente, más de la mitad de la población. Por el contrario, parece que la estratificación por tasa de encuentro, a pesar de los problemas de estimar esta variable, resultó satisfactoria.

Para incrementar la robustez de los análisis, algunos datos fueron descartados. Una omisión notable son aquellas manadas detectadas primero por el técnico. La mayoría de estas manadas fueron detectadas muy cerca del barco, y resultó imposible modelarlas de manera satisfactoria, en parte porque la probabilidad de detección de una manada por un técnico disminuye rápidamente con la distancia, pero también porque muchas manadas no son detectadas hasta después de que han reaccionado a la presencia del barco, por ejemplo, para aproximarse a nadar la onda de proa. Las distancias al avistamiento de manadas detectadas por la tripulación generalmente son del orden de 4 a 8 millas náuticas desde el barco, por lo que no existe ese problema. Sin embargo, las manadas pequeñas que no son detectadas por la tripulación, o las manadas que son detectadas por la tripulación pero no son reportadas al técnico, habitualmente sólo son detectadas por el técnico si pasan cerca del barco, lo que sesga los resultados hacia manadas que son atraídas por el barco. Si se utilizan tales datos, los tamaños poblacionales estarán sobreestimados y tendrán una precisión baja. Si no son considerados, se está produciendo una subestimación. Los análisis sugieren, sin embargo, que la subestimación es ligera para los delfines manchado y tornillo, dado que pocas manadas de esas especies son detectadas primero por el técnico, pero el problema puede ser más serio para los delfines comunes.

Se ha reducido el sesgo en las estimaciones eliminando tres categorías de datos de esfuerzo y de avistamientos. En primer lugar, aunque el técnico debe registrar

todos los avistamientos hechos por la tripulación cuando él no está de turno, se encontró que las tasas de encuentro eran menores durante esos períodos, por lo que se utilizaron sólo los datos registrados mientras el técnico se hallaba de turno. En segundo lugar, los tamaños poblacionales estimados eran consistentemente más altos cuando se descartaban los avistamientos y el esfuerzo correspondientes a los períodos en los que la velocidad del viento era equivalente al grado 4 o mayor en la escala de Beaufort, lo que indica que se subestima la abundancia al usar datos colectados durante períodos en que no existen condiciones favorables para realizar avistamientos. Por lo tanto, se descartaron tales datos. En tercer lugar, el examen de los datos correspondientes a los ángulos de los avistamientos sugiere que estos datos están sesgados para muchos viajes, dado que el ángulo promedio al avistamiento es a menudo considerablemente menor que lo previsto. Dos factores parecen contribuir a este fenómeno. En primer lugar, algunos técnicos probablemente no registran los ángulos al avistamiento antes de que el barco reaccione a la detección de una manada, o no perciben que el barco cambió su rumbo para dirigirse a la manada. En segundo lugar, en algunos barcos el piloto puede cambiar de rumbo si ve un tripulante concentrado en una posible señal. En el momento en que el avistamiento es confirmado, el ángulo al mismo puede ser considerablemente menor comparado con el que hubiera sido en caso de mantenerse el rumbo original. Los análisis indicaron que se obtienen estimaciones más robustas si se descartan los datos de aquellos viajes con un ángulo promedio a los avistamientos inferior a 20 grados.

Para hacer la conversión de una estimación del número de manadas en una región al número de delfines es necesario estimar el tamaño promedio de manada. Se realizan tres estimaciones del tamaño de aquellas manadas sobre las que se efectúa un lance, una por parte de la tripulación, una segunda por el técnico antes del lance, y una “mejor” estimación, hecha después de que el técnico ha tenido oportunidad de ver la manada a poca distancia. Suponiendo que las “mejores” estimaciones son insesgadas, entonces pueden utilizarse para estimar el sesgo en las estimaciones de la tripulación y en las estimaciones iniciales del técnico. Si, para una manada en particular, hay una estimación de la tripulación y una estimación inicial del técnico, pero no una “mejor” estimación, se puede utilizar la estimación del técnico, ajustada de acuerdo con el sesgo. Si sólo hay una estimación de la tripulación se puede corregir el sesgo y utilizarse en consecuencia.

El problema de los errores de medición en las estimaciones de ángulos y distancias es tratado de dos maneras. Una técnica conocida como “extendido” se aplica a los datos en la etapa de análisis de transectos lineales; los avistamientos son “extendidos” sobre un sector para reducir los efectos de los errores de redondeo. Además, están en desarrollo técnicas que ayuden al técnico a obtener mejores estimaciones de estas cantidades.

Se utiliza una única forma paramétrica para modelar todos los conjuntos de datos en el análisis de transectos lineales para obtener mayor consistencia entre cada análisis. Si se usan diferentes modelos en diferentes análisis, o incluso si se usan modelos del tipo de series como el de series de Fourier con un número diferente de términos, algunas de las fluctuaciones aparentes en los números de

delfines se deberán simplemente a diferentes sesgos según los modelos aplicados. Se utiliza el modelo de tasa de riesgo, que produce resultados satisfactorios para conjuntos de datos de cetáceos y en otras situaciones. El núcleo del análisis de transectos lineales es la estimación del ancho efectivo de la banda de búsqueda. Este puede estimarse para cada estrato, de manera que se aplica todo el procedimiento de estimación por separado para cada estrato, y se suman las estimaciones de cada estrato. Como alternativa, la tasa de encuentro y el tamaño promedio de manada puede ser estimado para cada estrato, y el ancho efectivo de la banda puede estimarse para la totalidad de la región, bajo el supuesto de que no varía dentro de la región para un año dado. Esta última aproximación da mayor estabilidad y precisión a las estimaciones con la desventaja de que implica efectuar un supuesto más fuerte. Es posible avanzar un paso más, y suponer que el ancho efectivo de la banda es constante y que no varía de año a año. En realidad, debido a la baja calidad de los datos de avistamiento en la primera etapa del programa, es necesario suponer esto, o algo similar, para analizar los datos de 1975 y 1976.

Las estimaciones de varianza se obtienen aplicando las técnicas del "bootstrap" no paramétrico a los viajes; muestreando con reemplazo de estos viajes para un año dado se lleva a cabo de manera tal de generar una muestra "bootstrap" y obtener a partir de esta muestra una estimación del tamaño de la población. Esto se repite por ejemplo 100 veces, y la varianza muestral de estas 100 estimaciones "bootstrap" se utiliza como la estimación de la varianza. Este procedimiento es más robusto que los métodos analíticos y consistentemente resulta en varianzas más altas, indicando que los métodos más tradicionales subestiman la varianza.

Las estimaciones de abundancia para todos los stocks mayores de delfines en el Océano Pacífico oriental se muestran en las Tablas 18-25 y las Figuras 40-46. Para stocks para los que los datos son relativamente numerosos, se utilizó una estratificación por tasa de encuentro, y el ancho efectivo de banda fue estimado separadamente para cada año aunque no separadamente dentro de cada estrato. Estos stocks son el stock norteño del delfín manchado de altamar, el tornillo oriental, el tornillo panza blanca del norte, y el stock central del delfín común. Para los otros stocks (delfín manchado del sur y los stocks del sur y del norte del delfín común) los datos no eran suficientes como para estratificar o para estimar con confianza el ancho efectivo de banda para cada año. Por lo tanto se calculó un único estimador de ancho de banda efectivo para todos los años y se llevaron a cabo análisis sin estratificación para estos stocks.

Hay sólida evidencia de una declinación del stock de delfines manchados del norte, desde aproximadamente 4 a 5 millones de animales a mediados o fines de los años 70 a alrededor de 3 millones de animales al principio de la década de 1980 (Tabla 18 y Figura 40). La estimación muy baja obtenida en 1983, año en el cual se observó el fenómeno de El Niño, es probablemente muy poco confiable, dado que el comportamiento de los delfines, los atunes, y la flota fue muy diferente al de años normales. En el período 1983-1984 se hicieron relativamente pocos lances sobre delfines manchados y hay algunas indicaciones de niveles de población más altos en el período 1985-1986, aunque el incremento entre 1984 y 1985 no es

estadísticamente significativo. El stock sureño de alta mar muestra evidencias de una declinación durante el período 1976-1986, aunque hay muy pocos datos, y consecuentemente se observan grandes fluctuaciones en las estimaciones (Tabla 19 y Figura 40).

El stock oriental del delfín tornillo muestra evidencia de una declinación que llega a su mínimo alrededor del período 1981-1983 y una recuperación desde entonces, como se ve en la Tabla 20 y la Figura 41. Las estimaciones del stock norteño del tornillo panza blanca muestran fluctuaciones muy grandes. La estimación es menos confiable para este stock dado que está distribuido en una zona más grande, incluyendo regiones oceánicas en medio del Pacífico donde las embarcaciones atuneras sólo operan esporádicamente. Hay ciertas indicaciones de una declinación, a pesar de que las estimaciones de los años 1975 y 1985 parecen contradecir la tendencia subyacente mostrada por las estimaciones de los otros 10 años (Tabla 21 y Figura 42). Hay relativamente pocos datos del stock sureño del tornillo panza blanca pero las estimaciones muestran una configuración muy similar a la de otros stocks de delfines tornillo (Tabla 22 y Figura 43).

Los análisis de los datos de los stocks del delfín común son menos confiables, dado que la especie no siempre es considerada por los atuneros como una especie objetivo. Además, los datos son escasos, especialmente para los stocks del norte y del sur. Las estimaciones indican que el stock del norte es estable, (Tabla 23 y Figura 44), aunque los años para los que no hay suficientes datos como para obtener una estimación (1982, 1984, y 1985) mostraban relativamente pocos avistamientos considerando el esfuerzo de búsqueda realizado, y que el tamaño de las manadas era pequeño. Todas las estimaciones, desde principios del actual decenio, incluyendo las de 1985, deben ser tomadas con cautela ya que la flota mexicana, que probablemente es la única flota que tiene un fuerte interés en ese stock, sólo se integró al programa científico en 1986. En cuanto al stock central, para el cual el tamaño de las muestras es mayor, se estima que era de aproximadamente medio millón de animales en la segunda mitad de la década de 1970, reduciéndose tal vez a un cuarto de millón en lo que va de la década de 1980 (Tabla 24 y Figura 45). La reducción estimada en el stock sureño es mayor (Tabla 25 y Figura 46), aunque la combinación de grandes errores estándar y posiblemente grandes sesgos en estas estimaciones hace difícil verificar si la declinación de este stock es tan seria como los datos sugieren.

### ***Delfines nariz de botella o tonina en el Océano Pacífico oriental***

Se estudió la distribución y estructura de manadas de toninas (*Tursiops truncatus*) en el Océano Pacífico oriental para obtener información sobre una especie que no es buscada por los atuneros pero que a menudo está asociada con otros cetáceos tales como el delfín manchado *Stenella attenuata*, que sí son objetivos de la pesquería. Este estudio permitió una comparación de la estructura de las manadas de poblaciones pelágicas con las de poblaciones de toninas en ambientes costeros, las cuales han sido bien estudiadas. Aunque esta especie se extiende mucho hacia mar afuera (Figura 47) se sabe muy poco sobre las poblaciones oceánicas de altura. Algunos investigadores han sugerido previamente que el

tamaño de las manadas de poblaciones pelágicas debieran tender a ser mayores que el de las poblaciones costeras debido a la mayor presión de predación y a la distribución de alimentos, presuntamente abundante pero muy irregularmente distribuída en el espacio que se supone se encuentra en el océano. Esta hipótesis fue verificada examinando la diferencia del tamaño de manadas de toninas al aumentar las distancias a la costa. El porcentaje de toninas que se observaron en manadas con mezclas de especies (otro método de aumentar el tamaño de la manada) fueron examinadas por área.

El tamaño mediano de las manadas de toninas fue de 10 animales (media = 57), aunque se ha estimado que algunas manadas contenían más de 10,000 animales. Los avistamientos fueron estratificados en las siguientes áreas para examinar el efecto de distancia a la costa sobre el tamaño de las manadas: 1) áreas costeras, cuadrados de 1° de lado que contienen porciones de la costa, 2) áreas cercanas a la costa de 1° adyacentes a los cuadrados costeros, 3) áreas de isla, aquellos cuadrados que contienen islas, 4) áreas alejadas hacia el oeste, más allá de 120°W y al sur de 18°N de latitud y, 5) áreas de altamar, las áreas restantes. Se debe notar que, en este estudio, las poblaciones consideradas como costeras eran más pelágicas que aquéllas que se observan en bahías y a lo largo de playas que han sido el objeto de previos estudios.

Habían diferencias significativas en el tamaño de manadas puras de toninas entre las áreas (prueba de Kruskal-Wallis,  $p < 0.001$ ). Parece haber una tendencia decreciente desde la costa hacia afuera en el tamaño medio de las manadas aunque esta tendencia no se refleja en el tamaño mediano de las manadas (Tabla 26). Puesto que había un porcentaje mayor de manadas grandes en las áreas costeras y de islas, el tamaño medio de las manadas en esas áreas se vió más afectado que las medianas.

Veinte por ciento de las manadas que contenían toninas eran de mezclas de especies. La proporción de manadas de mezcla de especies eran significativamente diferentes entre áreas (pruebas de contingencia chi cuadrado,  $p < 0.001$ ), y había una significativa tendencia al aumento en el porcentaje de manadas con mezcla de especies, entre áreas progresivamente más alejadas de la costa (Tabla 26). Las manadas de especies mixtas se encontraron, típicamente, mar afuera, predominando particularmente a lo largo del paralelo de 10°N de latitud.

Se avistaron toninas en manadas mixtas junto con otras trece especies de cetáceos. La ballena piloto fue la especie más frecuentemente asociada con las toninas, estando presente en 40 por ciento de todas las manadas mixtas. La siguiente especie que se presentó asociada con toninas con mayor frecuencia fue el delfín manchado (36 por ciento). Sin embargo, es probable que los datos de avistamientos obtenidos en barcos atuneros estén sesgados ya que los pescadores atuneros buscan fundamentalmente y hacen lances sobre grandes manadas de delfines manchados que generalmente están asociados con atún aleta amarilla. Datos de cruceros de investigación del NMFS contenían una menor proporción de manadas mixtas compuestas de toninas y delfines manchados (12 por ciento), y mayores porcentajes de manadas mixtas con delfines de Risso, *Grampus griseus*

(16 por ciento) y 6 por ciento de delfines de dientes rugosos, *Steno bredanensis* (12 por ciento), y ballenas piloto (48 por ciento).

Aunque la distancia de la costa parece tener algun efecto sobre el tamaño y la composición por especie de las manadas de toninas, las toninas pelágicas no están absolutamente restringidas a agregarse en grandes manadas o en manadas de especies mixtas como se predecía en la hipótesis original. Inclusive en las áreas más alejadas de la costa, por ejemplo, alrededor del 70 por ciento de las manadas de toninas no están asociadas con otras especies de cetáceos. El tamaño mediano de las manadas de aproximadamente 10 animales en todas las áreas de este estudio es típico de las poblaciones que existen en bahías y a lo largo de playas. Sin embargo, es mucho mayor la variación en el tamaño estimado de manadas (de 1 a más de 10,000) que la de cualquier población de toninas previamente estudiada, pero parece que las manadas pequeñas son todavía la norma en las aguas pelágicas del Pacífico oriental.

### **SITUACION DE LOS STOCKS DE ATUN EN 1986 Y PERSPECTIVAS PARA 1987**

Es responsabilidad de los investigadores de la CIAT observar las fluctuaciones en la abundancia del atún tropical del Océano Pacífico oriental y evaluar los efectos de la actividad humana sobre su abundancia. La información científica recopilada por los investigadores proporciona la base para las recomendaciones anuales sobre la administración de estas especies. Esto se logra presentando la información en los documentos fundamentales y en forma oral en las reuniones de la Comisión. La información se presenta en el Informe Anual para difundirla al público en general.

### **ATUN ALETA AMARILLA**

Los investigadores han utilizado una serie de modelos de producción y con estructura de edades con el fin de evaluar el efecto de la pesca sobre la abundancia del aleta amarilla en el Pacífico oriental y determinar su situación actual. Los resultados de estos estudios se presentan más adelante en forma resumida, seguidos de un análisis de la situación del aleta amarilla en el Pacífico oriental en 1986 y sus perspectivas para 1987. El formato del presente informe difiere ligeramente de los Informes Anuales de años precedentes. Anteriormente, los análisis del modelo de producción se presentaban en primer lugar, seguidos de los análisis con estructura de edades. Sin embargo, en el actual informe se ha invertido el orden de la presentación puesto que, como se señaló en los informes anuales de años anteriores, los cambios en el reclutamiento y en la mortalidad por pesca específica para cada edad, afectan significativamente el análisis de los modelos de producción, y los efectos de estas modificaciones fueron particularmente marcados durante el período 1985-1986.

#### ***Modelos con estructura de edades***

Los modelos con estructura de edades utilizan datos sobre crecimiento y mortalidad de especímenes individuales, y sobre reclutamiento. Las estimaciones



de estos parámetros se obtienen mediante el análisis de datos sobre la distribución de la frecuencia de talla de los peces en la captura, complementados con datos de la devolución de marcas y otros datos. Desde 1954 los investigadores de la CIAT han recopilado datos sobre la composición de talla en las capturas de aleta amarilla del Océano Pacífico oriental y han tenido acceso a datos análogos recopilados por el California Department of Fish and Game durante el período 1951-1954.

### ***Modelos del rendimiento por recluta***

El modelo con estructura de edades de uso más frecuente es el modelo del rendimiento por recluta. Si un grupo de peces jóvenes que llega simultáneamente a la edad de captura (una cohorte) se encuentra en una zona determinada, su peso total aumenta inicialmente durante el período de crecimiento rápido de los peces, mientras que sus pérdidas por mortalidad natural son leves. Posteriormente sin embargo, a medida que los peces se desarrollan, el índice de crecimiento es más lento, mientras que la mortalidad natural continúa siendo similar. En consecuencia, la disminución del peso total ocasionada por la mortalidad natural en ese período es superior al incremento por crecimiento y hay una pérdida neta en el peso total. Eventualmente, la cohorte desaparece. En términos ideales, para obtener el máximo rendimiento en peso de una cohorte de peces (suponiendo, para los fines de este estudio, que ese es el propósito de la administración de la especie) se tendría que capturar cada pez precisamente antes de su muerte por causas naturales. Evidentemente, esto no es posible. La siguiente opción sería capturar a todos los peces que siguen vivos cuando alcanzan la edad o talla ("edad crítica" o "talla crítica") en que la pérdida en el peso total ocasionada por la mortalidad natural compensa exactamente la ganancia debida al crecimiento. Esto es factible en el caso de ciertos moluscos, como las ostras y las almejas que están expuestas a la marea baja y por lo tanto pueden ser fácilmente capturadas en ese momento. El encargado de un banco de moluscos, que lo vigila a intervalos frecuentes, retirando los ejemplares que han alcanzado la talla crítica, está provocando una infinita mortalidad por pesca de los organismos que han alcanzado ese tamaño. Evidentemente, ésta opción no es viable en cuanto a la mayoría de las especies de peces.

En forma intuitiva, pareciera que si la segunda opción no es factible, la pesca debiera comenzar por los peces que aún no han alcanzado la talla crítica. Esta es la tercera opción y constituye la única alternativa viable para la mayoría de las especies de peces. Se puede suponer, por el momento, que la edad de entrada (es decir, la edad correspondiente a la talla mínima de los peces capturados) puede ser controlada eficazmente. Si el esfuerzo de pesca es intenso, se seleccionaría una edad de entrada sólo ligeramente menor que la edad crítica, la mayoría de los peces capturados se encontrarían cerca de la talla y la edad crítica, y el rendimiento sería casi tan elevado como el alcanzable bajo la segunda opción. Si el esfuerzo de pesca es menos intenso se seleccionaría una edad de entrada mucho menor que la edad crítica, la gama de edades y tallas de los peces capturados sería mayor y el rendimiento sería considerablemente inferior al alcanzable bajo la segunda opción (pero continuaría representando el máximo rendimiento posible sin incremento del esfuerzo).

Sin embargo, es posible que no se pueda controlar eficazmente la edad de entrada. En ese caso, la única manera de administrar la pesquería es mediante el control del esfuerzo. Si la edad de entrada es superior a la edad crítica, se puede permitir un esfuerzo ilimitado, pero si la edad de entrada es inferior a la edad crítica, la limitación del esfuerzo podría servir para aumentar el rendimiento.

Cabe mencionar que es necesario permitir la reproducción de algunos ejemplares de una cohorte de peces por lo menos una vez antes de su captura. Si los peces desovan mucho antes de alcanzar la talla crítica, la población probablemente no se verá afectada; sin embargo, si el desove ocurre después de que los peces han alcanzado la talla crítica y el esfuerzo de pesca es intenso, es posible que el número de reproductores se reduzca al grado de repercutir negativamente en el reclutamiento de años subsiguientes. En consecuencia, una estrategia de pesca orientada a lograr el máximo rendimiento por recluta no necesariamente producirá el máximo rendimiento. Si la forma de pesca influye en el reclutamiento futuro, se logrará el rendimiento máximo si se controla la pesca para optimizar el tamaño de la cohorte y el rendimiento por recluta en forma simultánea. Este punto se analizará en detalle más adelante. (No obstante, esto no significa que una leve reducción del número de reproductores puede empobrecer el reclutamiento en años subsiguientes, puesto que esta situación no parece presentarse en la mayoría de las especies de peces). El modelo del rendimiento por recluta aquí descrito no toma en cuenta la posibilidad de una reducción en el reclutamiento, pero ésta forma parte integral de los modelos de producción que se analizarán más adelante.

Es necesario señalar, además, que el crecimiento de los especímenes individuales puede ser menor o que la mortalidad natural puede ser mayor si la densidad de una población de peces es elevada, situación que se invierte cuando la densidad de la población es baja. Por consiguiente, es posible que la pérdida por captura de algunos peces de tamaño inferior a la talla crítica se compense al menos parcialmente por el crecimiento rápido y/o la menor mortalidad natural del resto de los peces. Además, si la densidad de la población efectivamente influye en los índices de crecimiento y de mortalidad natural, esto producirá cambios en la talla y la edad crítica de manera correspondiente. El modelo del rendimiento por recluta, conforme se describe aquí, tampoco contempla esta dificultad, pero esto se compensa en forma automática en los modelos de producción.

En cuanto al aleta amarilla del Océano Pacífico oriental, se estima que la talla crítica es de aproximadamente 111 cm (62 libras o 28 k), a pesar de no ser óptimo el grado de confiabilidad de las estimaciones del crecimiento y de mortalidad natural obtenidas por los investigadores de la CIAT. El tamaño de la mayoría de los peces capturados por la pesca con carnada es considerablemente menor que la talla crítica. A fines de los años cincuenta y principios de los sesenta, cuando la mayor parte de la flota atunera reacondicionó sus embarcaciones para pescar con red de cerco en lugar de pescar con carnada, la talla promedio de los peces en la captura aumentó, encontrándose muchos ejemplares que superaban o casi alcanzaban la talla crítica. Después del reacondicionamiento de la flota, el promedio anual de captura de aleta amarilla ha sido considerablemente mayor que durante la época

de la pesca con carnada. La expansión de la pesquería hacia mar afuera a mediados y fines de los años sesenta contribuyó significativamente al incremento de las capturas, pero el aumento de la talla promedio de los peces capturados también influyó parcialmente en el aumento de la captura.

El objetivo de la administración del aleta amarilla estipulado en el convenio de la CIAT es la obtención del promedio máximo de rendimiento sostenible (PMRS). El rendimiento máximo por recluta es equivalente al PMRS, siempre que el reclutamiento sea independiente del número de reproductores, como se indicó anteriormente. En la Figura 48 se presentan las correlaciones estimadas entre la talla de entrada, el esfuerzo de pesca y el rendimiento por recluta, correspondientes a dos épocas diferentes. (El esfuerzo de pesca se analizará en mayor profundidad en la sección titulada *Modelos de producción*.) Las diversas combinaciones del esfuerzo de pesca y de la talla de entrada producen diferentes rendimientos por recluta, que se indican mediante líneas curvas. Los cálculos se basan en un coeficiente de mortalidad natural de 0.8 (cerca del 55 por ciento anual si no hubiera mortalidad por pesca), los datos de crecimiento expresado en términos del peso señalados en la página 226 y los coeficientes de mortalidad por pesca que se indican a continuación, obtenidos del análisis de la biomasa que se examina en la sección correspondiente:

Cohorte	Período	Peso	Coeficiente anual de la mortalidad por pesca	
			1977-1981	1985-1986
X	Primer trimestre de primera aparición en la pesca	4.0 lbs (1.8 k)	0.17	0.01
X	segundo y tercer trimestres	5.6-8.0 lbs (2.5-3.6 k)	0.72	0.10
Y	cuarto al octavo trimestres	10.2-36.1 lbs (4.6-16.4 k)	0.72	0.20
Y	noveno trimestre	45.0 lbs (20.4 k)	0.72	0.70
Y	todos los trimestres siguientes	55.1-200 lbs (25.0-90.7 k)	0.72	1.10
Y	primer trimestre	4.0 lbs (1.8 k)	0.20	0.08
Y	segundo al sexto trimestres	5.6-18.9 lbs (2.5-8.6 k)	0.98	0.33
Y	séptimo al décimo trimestres	27.0-55.1 lbs (12.2-25.0 k)	0.98	0.67
Y	todos los trimestres siguientes	67-200 lbs (30.4-90.7 k)	0.98	1.18

(Las cohortes X e Y se definen en la sección titulada *Análisis de la biomasa*). Durante el período 1977-1981 el esfuerzo de pesca se aplicó en casi igual proporción

a peces pequeños, medianos y grandes mientras que durante el período 1985-1986 el esfuerzo de pesca se orientó en mayor medida hacia peces grandes y en menor medida hacia peces pequeños. Los efectos de este cambio pueden observarse en los histogramas de frecuencia de talla en las Figuras 12 y 13 y en los histogramas de frecuencia de edad en la Figura 51. Los valores en la escala horizontal de la Figura 48 son múltiplos del esfuerzo de pesca durante los años mencionados, es decir, 0.2, 1.0, y 2.0 representan valores de aproximadamente la quinta parte de, igual a, y el doble del promedio de los valores del esfuerzo durante los períodos de tiempo correspondientes. Si se aplicara una cantidad infinita de esfuerzo, el peso óptimo de entrada sería de 62 libras (28 k), el tamaño crítico, y el rendimiento por recluta sería de 8.3 libras (3.8 k). Las tallas de entrada que producirían los rendimientos máximos por recluta para diversos múltiplos del esfuerzo de pesca se señalan en la Figura 48 como líneas de trazos, denominadas curvas pesqueras eumétricas. En cuanto al período 1977-1981, en la Figura 48 puede observarse que si el esfuerzo aumentara a un nivel 1.5 veces superior al de 1977-1981 y el tamaño de entrada aumentara a unas 30 libras (13.6 k) el rendimiento por recluta llegaría a aproximadamente 7.5 libras (3.4 k). En el caso del período 1985-1986 el rendimiento por recluta aumentaría a aproximadamente 7.8 libras (3.5 k).

La descripción anterior supone, por implicación, que la alteración de la edad de entrada no modifica la distribución zonal del esfuerzo de pesca, a menos que la pesquería opere como se señala a continuación. Al principio, cuando la edad de entrada es baja, al realizar su búsqueda las embarcaciones encontrarían algunos cardúmenes integrados por peces pequeños y otros formados por peces grandes y realizarían lances sobre ambos. Posteriormente, cuando la edad de entrada es mayor, los barcos buscarían en la forma descrita anteriormente, pero sólo harían lances sobre cardúmenes con peces grandes. Por consiguiente, el esfuerzo dirigido hacia peces grandes en el segundo período sería igual que en el primero. Sin embargo, se piensa que si la edad de entrada del aleta amarilla aumentara por algún motivo, los pescadores tenderían a disminuir la búsqueda en estratos de tiempo y zona con preponderancia de peces pequeños e intensificarían la búsqueda en aquellos en que predominan los peces grandes, con lo cual probablemente aumentaría el esfuerzo de pesca dirigido a peces grandes. En términos generales, ésto tendería a incrementar el rendimiento por recluta en mayor medida que lo indicado en la Figura 48. Aparentemente, ésta situación ha venido ocurriendo en los últimos años.

El rendimiento total se puede estimar a partir de los resultados de los análisis del rendimiento por recluta y de ciertas suposiciones sobre el reclutamiento y la mortalidad por pesca. Por ejemplo, si se toma la mortalidad por pesca específica para cada edad equivalente a un multiplicador de 1 del recuadro superior de la Figura 48, el rendimiento por recluta resultante determinado a partir del extremo inferior de la figura es de 5.5 libras (2.49 k), y si se supone que el reclutamiento es de 62 millones de peces, es decir el promedio ponderado correspondiente al período 1977-1986, el rendimiento total resultante es de aproximadamente 170 mil toneladas cortas. Si se aplica el recuadro inferior, el rendimiento por recluta sería de 6.8 libras (3.08 k) y el rendimiento llegaría a 211 mil toneladas. En otras palabras, con reclutamiento y esfuerzo idénticos, una configuración de la

mortalidad por pesca específica para cada tamaño similar a la del período 1985-1986 en lugar de una semejante a la del período 1977-1981, el rendimiento aumentaría en aproximadamente 24 por ciento.

### ***Análisis de la biomasa***

Además de los estudios correspondientes al modelo del rendimiento por recluta, los investigadores de la Comisión han realizado estudios de la biomasa con estructura de edades. En este tipo de análisis, el primer paso consiste en distribuir por cohortes a los peces obtenidos en la captura. (Una cohorte está formada por todos los peces reclutados al mismo tiempo, como en el caso de la cohorte X68 que ingresó inicialmente a la pesquería en pequeñas cantidades durante el primer semestre de 1968 y que contribuyó a ella de manera importante por primera vez durante el segundo semestre de ese año; o el de la cohorte Y68, que ingresó a la pesquería por primera vez en pequeñas cantidades en el segundo semestre de 1967, contribuyendo substancialmente a la pesquería por primera vez en el primer semestre de 1968). Se ha estimado que, en promedio, la cantidad de reclutas que ingresan a las cohortes X e Y es igual (Tabla 27). En seguida, se hacen estimaciones de la cantidad de peces presentes en cada cohorte en el momento del reclutamiento y luego a diversos intervalos posteriores; se estima también la cantidad de peces que son capturados y que mueren durante cada intervalo. Para calcular las estimaciones de la biomasa estas cantidades se convierten a su equivalencia en peso, con base en los datos del peso promedio de peces de diferentes tallas. Para realizar estos cálculos se requiere información sobre la cantidad y peso promedio de los peces de cada cohorte en la captura, una estimación del índice de mortalidad natural (o estimaciones de una serie de índices si la mortalidad natural no es constante en peces de distintas edades) y una estimación del índice de la mortalidad por pesca de por lo menos uno de los intervalos de captura de cada cohorte. Estos se denominan "índices iniciales" de la mortalidad por pesca. Todos estos cálculos se obtienen del análisis de las estadísticas de captura, y de los datos de la frecuencia de talla y de peso y talla. Los resultados de estos análisis no tienen la precisión deseada porque, aunque es posible diferenciar a los peces pertenecientes a las distintas cohortes cuando son jóvenes, esta labor se dificulta con su crecimiento y, en consecuencia, es probable que con frecuencia se asignen peces más viejos a cohortes que no corresponden. Por lo tanto, las estimaciones de las capturas de los peces de cada cohorte no sólo son menos precisas de lo deseable, sino que las estimaciones de los índices de mortalidad tienen un grado de crudeza. En términos específicos, se emplea una estimación de 0.8 para el índice anual instantáneo de mortalidad natural, pero se sospecha que este índice varía con la edad, siendo mayor para los peces más jóvenes y menor para los más viejos. Además, la capturabilidad de los peces varía de acuerdo con la edad, zona, temporada, clima, etc. lo que crea interferencia y posiblemente también produce un sesgo en los cálculos.

Se ha analizado la biomasa de acuerdo con la estructura de edades correspondiente al período 1964-1986. En la Tabla 28 se presentan las estimaciones trimestrales de la cantidad promedio de peces por grupo de edad desde 1968 hasta 1986, y en la Figura 49 se presenta el promedio anual de la biomasa de peces por

grupo de edad de 1967 a 1986. Se estimaron diferentes índices iniciales de mortalidad por pesca en los trimestres en que se explotaron por última vez las diferentes cohortes, con base en las fluctuaciones del esfuerzo de una temporada a otra. Para realizar comparaciones se hicieron cálculos de todas las cohortes con índices iniciales más elevados y más bajos que los índices considerados como las estimaciones más precisas.

El promedio estimado de la magnitud de la población de cada cohorte, expresada en número de peces, se indica en la Tabla 28. En el caso de la cohorte X68, por ejemplo, el promedio durante el primer trimestre del año fue de 24,724,000 peces de un año de edad y su población alcanzó un promedio de 10.2, 16.4 y 13.2 millones de peces en el segundo, tercero y cuarto trimestre de ese año, respectivamente (filas de 1968, columna I). En 1969, el promedio de la población de peces de 2 años de la misma cohorte fue de 10.4, 8.0, 6.3 y 5.1 millones de peces del primero al cuarto trimestre, respectivamente (filas de 1969, columna II) y así sucesivamente. El promedio de la cantidad de peces de 1, 2, 3 y 4 años de edad de las cuatro cohortes X (1968, 1967, 1966 y 1965) durante el primer trimestre de 1968, fue de 24.7 millones, 8.3 millones, 3.6 millones y 0.1 millones respectivamente (primera fila de 1968). Esto es válido para las cohortes Y al igual que para las cohortes X, salvo que existe una columna 0 para los peces más jóvenes, de los cuales se supone que no se captura ningún ejemplar antes del tercer trimestre del año. En la Tabla 28 se presenta también una columna V+, que incluye los peces de más edad que no pueden asignarse a cohortes; la magnitud de su población se estimó en forma indirecta a partir de los datos de captura y las estimaciones de la mortalidad de los peces más jóvenes. Se supone que la mitad de éstos pertenece a las cohortes X y la otra mitad a las cohortes Y.

La estimación del número de reclutas de cada cohorte para el período 1967-1986 (es decir, la cantidad promedio de los trimestres iniciales) se señala en la Tabla 27. Los promedios anuales de las cohortes X e Y son casi idénticos: 26 millones en el caso de la cohorte Y y 24 millones en el caso de la cohorte X. La variabilidad de año a año para la cohorte Y (3.6) y para la cohorte X (3.3) es casi idéntica, pero la de los datos combinados (2.9) es inferior a ambas. El reclutamiento ha sido variable pero el promedio correspondiente al período 1977-1986 superó al de 1967-1986. Sin embargo, no existe una tendencia evidente en el reclutamiento correspondiente al período 1977-1976.

Se estimó que el peso promedio de los peces en cada trimestre, comenzando por el trimestre en que son reclutados, es como se indica a continuación:

Peso promedio			Peso promedio			Peso promedio		
Trimestre	libras	k	Trimestre	libras	k	Trimestre	libras	k
1	4.0	1.8	7	27.0	12.2	13	98.0	44.5
2	5.6	2.5	8	36.1	16.4	14	111.1	50.4
3	8.0	3.6	9	45.0	20.4	15	122.0	55.3
4	10.2	4.6	10	55.1	25.0	16	130.0	59.0
5	13.5	6.1	11	67.0	30.4	17	134.0	60.8
6	18.9	8.6	12	83.0	37.6	18	136.0	61.7
						19+	157.0	71.2

Estos valores se multiplicaron por los valores correspondientes de la Tabla 28 para calcular el promedio estimado anual de la biomasa (promedio del peso total durante cuatro trimestres) de cada cohorte. Estos datos se presentan en la Figura 49. A partir de esta figura, la fuerza relativa de las diversas cohortes se observa con facilidad. Por ejemplo, tanto la cohorte X68 como la Y68 (líneas diagonales) fueron relativamente fuertes, puesto que, a pesar de la captura intensiva de estas cohortes en 1968 cuando los peces estaban pequeños, su biomasa permaneció elevada en los años siguientes. La cohorte Y73, por otra parte, sólo alcanzó un promedio normal, ya que después de haber sido pescada fuertemente en 1973, su biomasa fue baja.

En la Figura 50 se presenta el promedio trimestral y anual de las estimaciones de la biomasa de la totalidad de peces para el período 1968-1986, independientemente de su edad, y de "peces grandes" (totalidad de peces de la cohorte Y presentes en la pesquería durante más de seis trimestres desde su reclutamiento, y totalidad de peces de la cohorte X presentes en la pesquería durante más de ocho trimestres desde su reclutamiento). No se señalan los datos correspondientes al período 1964-1967 puesto que la zona de pesca en el ARCAA continuaba extendiéndose en esa época y las estimaciones de la biomasa de las cohortes en esos años tienen un sesgo descendente. En el período 1968-1971, la biomasa total tuvo un promedio aproximado de 350 mil toneladas; estaba formada por una gran proporción de peces más viejos correspondientes a los reclutamientos elevados de 1966 y 1967 que fueron explotados levemente en su juventud. El reclutamiento inferior al promedio, junto con el aumento de los índices de explotación durante el período 1969-1972, provocó una reducción de la biomasa de peces jóvenes y viejos en 1972 y 1973. La biomasa reducida de peces más viejos persistió hasta 1974, mientras que la abundancia de peces más pequeños aumentó en ese año a raíz de una generación extremadamente numerosa en 1974, la cual produjo la mayor parte del aumento en la biomasa de grandes peces a fines de 1975, todo 1976 y principios de 1977. En 1976 se logró una de las capturas más cuantiosas de aleta amarilla dentro del ARCAA, la tercera en importancia en la historia de la pesquería. El reclutamiento de 1976 y 1977, que fue inferior al promedio, junto con la fuerte explotación de peces jóvenes entre 1973 y 1982, provocaron una reducción en la biomasa de peces jóvenes y viejos, alcanzando en 1982 el nivel más bajo observado. Aunque los reclutamientos de 1978 y 1979 fueron cuantiosos (el de 1978 sólo fue superado por el de 1974 y probablemente por el de 1985) la captura de peces de 1 y 2 años de edad fue tan elevada que impidió que estas generaciones contribuyeran mayormente a la pesca en 1981 y 1982. El reclutamiento fue normal en 1980, algo superior al promedio en 1981 y 1983, ligeramente inferior al promedio en 1982, muy elevado en 1984, mientras que el de 1985 probablemente sea el más alto registrado hasta la fecha. El reclutamiento de 1985 no sólo fue el más cuantioso registrado hasta la fecha, sino que la combinación del reclutamiento de 1984 y 1985 produjo el reclutamiento más elevado en términos absolutos (aproximadamente 20 por ciento mayor que la anterior combinación más elevada de reclutamiento en dos años, vale decir, la de 1978-1979). La biomasa aumentó en 1983 principalmente por la disminución del esfuerzo de pesca en ese año y se incrementó considerablemente en 1984 y 1985

debido al excelente reclutamiento y a la reducción de la pesca de peces jóvenes. Los beneficios del reclutamiento de 1984 y 1985 se prolongaron hasta 1986, a pesar del gran incremento en la captura. Las estimaciones preliminares indican que el reclutamiento de 1986 fue casi normal.

Las capturas anuales de peces de las cohortes X e Y, y de la combinación de ambas cohortes (expresadas en toneladas cortas) durante el período 1968-1986, se señalan en las Figuras 51 y 52. En la Figura 51 cada recuadro incluye las capturas de peces de diferentes cohortes en el mismo año, mientras que en cada recuadro de la Figura 52 se incluyen las capturas de peces de la misma cohorte en diferentes años.

La comparación de las Figuras 49 (estimaciones anuales de la biomasa de los grupos X e Y), 50 (estimaciones trimestrales de la biomasa total y de la biomasa de los peces grandes), y 51 y 52 (capturas por año, clasificadas por edad y cohorte) revela los cambios ocurridos en la composición de la edad de la población y de la captura. En los años setenta, cuando el esfuerzo de pesca era intenso, sobrevivían cada vez menos especímenes que alcanzarían tamaños grandes. El esfuerzo de pesca se redujo en 1982, 1983 y 1984, permitiendo el desarrollo de muchos peces que habrían sido capturados cuando jóvenes. El análisis de la biomasa con estructura de edades sirve para aclarar más este punto. La contribución total aportada a la pesquería por cada cohorte X e Y durante su ciclo de vida se ha estimado para las cohortes del período 1967-1982 a partir de los datos contenidos en la Tabla 28 y en la Figura 52. Estas fluctúan de 117 mil toneladas para la cohorte de 1967 a 268 mil toneladas para la cohorte de 1974, con un promedio de 155 mil toneladas correspondiente a los 16 grupos. Si la cohorte Y74 no se hubiera explotado tan intensamente en su primer año de vida, las capturas correspondientes habrían sido aún más elevadas. Se espera que la cohorte de 1985 produzca un nuevo récord de captura por cohorte puesto que probablemente sea la más cuantiosa registrada hasta la fecha y porque está siendo explotada a una talla más adecuada. La división de las capturas de estas cohortes (1967-1982) por las estimaciones correspondientes del reclutamiento (los valores de la Tabla 27B ajustados a las cantidades iniciales) da estimaciones del rendimiento por recluta que oscilan entre 4.2 y 7.6 libras (1.9 a 3.4 k). El reclutamiento inicial varió de 32 millones a 92 millones de peces dando un promedio de 53 millones de peces, y el promedio del rendimiento por recluta fue de 6.0 libras (2.7 k). Estas estimaciones observadas del rendimiento por recluta pueden compararse con estimaciones similares derivadas de los modelos del rendimiento por recluta que se analizaron previamente, señalados en la Figura 48. En ambos casos se supone que el reclutamiento ocurrió a los 40 cm (2.8 libras o 1.3 k). En el primer caso (recuadro superior), usando una composición de la captura similar a la de 1977-1981, período en el que se atrapó un mayor número de peces pequeños, el rendimiento máximo por recluta se estima en 5.5 libras (2.49 k). En el segundo caso (recuadro inferior), usando una composición de la captura similar a la del período 1985-1986 en que se atrapó mayor cantidad de peces grandes, el rendimiento máximo por recluta se estima en 6.8 libras (3.08 k). El rendimiento máximo por recluta de 5.5 libras (2.49 k) es inferior al valor promedio observado de 6.0 libras (2.72 k) puesto



que la pesca dependió en mayor grado de los peces chicos, mientras que el rendimiento máximo por recluta de 6.8 libras (3.08 k) es mayor que el valor observado puesto que, en el período 1985-1986 la pesca se orientó más hacia la captura de peces más grandes. Esto sirve para demostrar que, a igual nivel de reclutamiento, es posible lograr un incremento de 24 por ciento en el rendimiento si se capturan peces pertenecientes a las tallas más grandes capturadas en 1985-1986 en lugar de corresponder a las tallas más pequeñas capturadas en 1977-1981. El reclutamiento inicial estimado para el período 1977-1981 ha alcanzado un promedio de 62 millones de peces, que produjo cerca de 168 mil toneladas por cohorte, con un rendimiento por recluta de 5.4 libras (2.45 k). Si el rendimiento por recluta hubiera sido de 6.8 libras (3.08 k), el rendimiento por cohorte habría llegado a unas 210 mil toneladas. En los informes anuales anteriores de la CIAT se señaló que el cambio de orientación del esfuerzo de pesca de peces pequeños a peces grandes provocaría un aumento del rendimiento por recluta y por captura. Ese cambio de orientación se produjo en 1985 y 1986, y a los niveles actuales del esfuerzo, el beneficio logrado a partir de la modificación de la composición de talla de los peces en la captura está resultando significativo. Si la pesquería continúa dedicándose mayoritariamente a la captura de peces grandes y el esfuerzo se mantiene igual o es incrementado, debiera producirse un aumento sostenido en el rendimiento por recluta y en la captura.

### ***Modelos de producción***

Los modelos de producción, a diferencia de los modelos con estructura de edades, se basan en datos sobre la totalidad de la población en lugar de limitarse a especímenes individuales. Cuando una población de peces no ha sido expuesta a la pesca se encuentra en su tamaño máximo dentro de lo permitido por las condiciones ambientales. La falta de alimento, de espacio vital adecuado, la presencia de depredadores, etc., impiden el desarrollo de la población por encima de ese punto. Cuando el incremento de la población por reclutamiento y crecimiento es compensado en el transcurso del tiempo por la pérdida debida a la mortalidad natural, se afirma que la población está en equilibrio. Las condiciones ambientales pueden ser particularmente favorables en ciertos períodos en los cuales la población alcanza un promedio superior al normal, pero pueden haber épocas en que las condiciones ambientales son especialmente adversas y la población existente es inferior al promedio; no obstante, generalmente se puede hacer caso omiso de estas condiciones extremas al analizar las tendencias a largo plazo.

Si una o más embarcaciones pesqueras comenzaran a explotar la población, la captura por unidad de esfuerzo (por ejemplo, la captura por día de búsqueda), que se supone es proporcional a la magnitud de la población, sería bastante elevada inicialmente, ya que la población estaría en su punto máximo. El incremento de la población seguiría debiéndose tanto al reclutamiento como al crecimiento, pero las pérdidas de la población involucrarían no sólo la mortalidad natural, sino también la mortalidad por pesca. Por consiguiente, la población disminuiría. En consecuencia, los índices de reclutamiento, crecimiento y/o de mortalidad natural se modificarían y la ganancia lograda por los dos primeros factores excedería la pérdida provocada por el último. Si las embarcaciones dejaran de pescar, la

ganancia neta haría que la población recuperara paulatinamente su magnitud original. A medida que la población se aproximase a esa magnitud, los índices de reclutamiento, crecimiento o de mortalidad natural se acercarían gradualmente a los niveles anteriores, hasta llegar a ser iguales a los existentes antes del comienzo de la pesca. En esta forma, la población recuperaría el equilibrio cerca de su magnitud máxima. Sin embargo, si las embarcaciones continuaran pescando al mismo nivel, la población eventualmente llegaría a equilibrarse pero con diferentes índices de reclutamiento, crecimiento y/o mortalidad natural, y su magnitud sería inferior a la magnitud original de la misma. La captura por unidad de esfuerzo (CPUE) seguiría siendo proporcional a la magnitud de la población. Si sólo algunas embarcaciones se dedicaran a explotar el recurso, la magnitud de la población se reduciría levemente y la CPUE sería relativamente elevada, pero si varias embarcaciones explotaran el recurso, la población se reduciría considerablemente y la CPUE sería mucho menor.

La captura total sería el producto de la CPUE y del esfuerzo total. Si el esfuerzo de pesca fuera relativamente bajo, el incremento moderado del esfuerzo compensaría de sobra la correspondiente reducción de la CPUE y produciría capturas mayores, pero esto no sucedería si el nivel de esfuerzo fuera más elevado. En un nivel intermedio de esfuerzo el producto se encontraría en su punto máximo. Si el objetivo de la administración es obtener un promedio máximo de rendimiento sostenible (PMRS) de peces (meta que está estipulada en el convenio de la CIAT), el esfuerzo de pesca debiera mantenerse a ese nivel. Si el objetivo es obtener una ganancia máxima (suponiendo que el precio permanezca constante) y si el fin adicional es lograr el mayor empleo posible de pescadores, el esfuerzo debiera ser ligeramente superior. Si el esfuerzo es inferior al grado óptimo seleccionado, se dice que la población está subexplotada, mientras que si el esfuerzo es mayor que el nivel óptimo, se afirma que la población está siendo sobreexplotada.

Es más fácil analizar la interrelación existente entre el esfuerzo, la captura y la CPUE en condiciones de equilibrio, pero es necesario reconocer que tales condiciones no se presentan en forma continua. Por ejemplo, si la población se encuentra en equilibrio cerca de su punto máximo y el esfuerzo se incrementa en forma repentina, la CPUE disminuirá paulatinamente durante un tiempo hasta lograr un nuevo punto de equilibrio con una CPUE menor. Durante el período de transición las capturas serán mayores que en el nuevo punto de equilibrio. De manera similar, si la población se encuentra en su punto de equilibrio a un nivel bajo y el esfuerzo se disminuye repentinamente, la CPUE aumentará gradualmente durante un tiempo antes de lograr un nuevo punto de equilibrio con una CPUE mayor. Durante el período de transición las capturas serán menores que las capturas correspondientes al nuevo punto de equilibrio.

Es oportuno examinar ahora la aplicabilidad y utilidad de los modelos de producción en cuanto al atún aleta amarilla del Océano Pacífico oriental. El análisis anterior examinaba “una población de peces”. Los modelos de producción no son aplicables a menos que el intercambio entre los peces de la zona bajo estudio y las zonas adyacentes sea relativamente bajo. Se ha estudiado el grado de intercambio de aleta amarilla entre el ARCAA y la zona fuera del ARCAA (Figura

53) y los resultados han sido analizados en los documentos de anteriores reuniones anuales de la CIAT. En resumen, los resultados indican que existe cierto grado de intercambio entre los peces de ambas zonas, pero no es suficiente para impedir el uso del modelo.

Suponiendo que los modelos de producción son aplicables, este hecho puede advertirse sólo si: (1) existen datos de captura, esfuerzo y de la CPUE de una amplia gama de niveles del esfuerzo de pesca, que de preferencia incluyan los que corresponden al sector de la sobrexplotación en la curva y (2) las perturbaciones causadas por la fluctuación de las condiciones ambientales no alcanzan a ocultar los cambios en la abundancia aparente provocados por las variaciones en el esfuerzo de pesca. Se observará más adelante que existen datos correspondientes a una amplia gama de niveles del esfuerzo de pesca. Los efectos de las condiciones ambientales han sido analizados en documentos de anteriores reuniones de la CIAT. Hasta donde se ha podido establecer, estos efectos generalmente tienden a compensarse en períodos de tiempo relativamente cortos, por lo que se decidió ignorarlos en la mayoría de los casos pues no afectaban la eficacia del modelo. Sin embargo, durante el período comprendido entre fines de 1982 y comienzos de 1984, la Corriente de El Niño provocó la alteración más intensa registrada hasta la fecha y, por lo tanto, al evaluar la situación de la pesquería en 1986 y la situación del stock en 1987, se ha puesto especial énfasis en la observación de los efectos de éste fenómeno sobre la pesquería.

Se ha hecho referencia al esfuerzo de pesca sin especificar que existen distintos tipos de esfuerzo, por ejemplo, el esfuerzo de pesca realizado por embarcaciones cerqueras, palangreras y de carnada, además del esfuerzo de las embarcaciones con distintas capacidades de acarreo. En la mayoría de los casos, no es posible combinar simplemente los diferentes tipos de datos sobre el esfuerzo para obtener el valor del esfuerzo total. Existen dos opciones, por lo tanto. En primer lugar se pueden considerar los datos correspondientes a un solo tipo de arte de pesca, generalmente la predominante, que se denominará clase normal. La captura total de todos los tipos de arte, dividida por la CPUE de la clase normal, proporciona una estimación del esfuerzo total en unidades de la clase normal. En segundo lugar, se puede determinar la eficacia de cada clase de arte con relación a la de la clase normal y luego puede obtenerse el esfuerzo normalizado de cada clase ajustando los datos del esfuerzo bruto mediante los factores apropiados. A continuación se pueden sumar los datos del esfuerzo bruto correspondiente a la clase normal de arte y los datos del esfuerzo normalizado de las otras clases para obtener el esfuerzo total normalizado. Los investigadores de la CIAT han utilizado la primera opción y varias combinaciones de ambas opciones. El esfuerzo normalizado y no normalizado ha sido medido, respectivamente, en días de pesca y días normalizados de pesca y las CPUE correspondientes han sido denominadas captura por día de pesca (CPDP) y captura por día normalizado de pesca (CPDNP). En el presente informe sólo se utiliza el esfuerzo de los cerqueros de la clase 6 de arqueo (de más de 400 toneladas de capacidad) estimado mediante la división de la captura total por la CPDP, salvo en el caso del modelo de tiempo de búsqueda (Figura 55, recuadro del medio) que se analizará posteriormente.

El modelo simétrico de producción que se describe a continuación se aplicó por primera vez empleando los datos de captura, esfuerzo y CPUE de las embarcaciones de carnada durante el período 1934-1955, lo que suministró una amplia serie de datos del esfuerzo que corresponde al sector de la subexplotación en la curva. Estos datos indicaban que, dentro de los límites de los datos disponibles sobre el esfuerzo pesquero, la población se adaptaba al modelo. En 1960 y 1961 por primera vez el esfuerzo fue mayor que el nivel óptimo y la población reaccionó en años subsiguientes produciendo capturas y CPUE inferiores, lo que sirvió para una mayor confirmación de la aplicabilidad del modelo.

Antes de mediados de los años sesenta la pesca se realizaba solamente en la región del ARCAA cercana a la costa y en los alrededores de algunas islas y bancos alejados de la costa. Sin embargo, a mediados y fines de los años sesenta, la magnitud de la flota pesquera comenzó a aumentar, extendiéndose el esfuerzo de pesca hacia una zona aún más distante de la costa. Las zonas costeras y de altura, denominadas respectivamente zonas A1 y A2, se presentan en la Figura 53. Si el intercambio de peces entre estas dos zonas es instantáneo, el PMRS de las dos zonas combinadas sería igual al de la zona A1 solamente, pero si no hay intercambio, el PMRS de las dos zonas combinadas sería la suma de los PMRS individuales de ambas zonas. Los estudios han indicado que el intercambio de peces entre las dos zonas es relativamente lento; por lo tanto, el PMRS de toda el ARCAA es superior al de la zona A1, pero inferior a la suma de los PMRS individuales. Estos estudios han sido descritos detalladamente en documentos de reuniones anteriores de la CIAT.

Como se mencionó anteriormente, es necesario contar con datos que abarquen una amplia gama del esfuerzo para estimar el PMRS y los valores correspondientes del esfuerzo y la CPUE. En 1968, una vez que fue evidente que la estimación del PMRS calculada en la zona A1 no era aplicable a toda el ARCAA, los delegados autorizaron a los investigadores para emprender un programa experimental de sobrepesca con el objeto de obtener, lo antes posible, una estimación del PMRS en el ARCAA. Esto fue necesario puesto que el esfuerzo había sido relativamente constante durante los escasos años transcurridos desde la extensión de la pesca hacia mar afuera. Al sobrepasar los niveles óptimos del esfuerzo la captura se reduciría o al menos no aumentaría. Se podría entonces reducir el esfuerzo para aumentar eventualmente la captura (suponiendo que ésta se había reducido anteriormente) y así sucesivamente, hasta obtener una estimación suficientemente precisa del PMRS. Sin embargo, esto requiere de bastante tiempo ya que la población no reacciona instantáneamente a los cambios en el esfuerzo de pesca y también porque las perturbaciones causadas por los factores ambientales dificultan aún más la interpretación de los resultados. El programa experimental de sobrepesca permaneció vigente hasta 1979.

En el Informe Anual de 1985 se presentaron cuatro análisis basados en los modelos de producción. Dos de ellos emplean el modelo logístico (o simétrico) en el que se supone que la relación de equilibrio entre la captura y la CPUE es lineal. Los otros dos emplean el modelo general de producción de stock, en el que la relación de equilibrio entre la captura y la CPUE no necesita ser lineal. En todos

los análisis sólo se usan datos del esfuerzo, que se estima mediante la división de la captura total por la CPDP, correspondiente a los barcos de la clase 6 de arqueo (de más de 400 toneladas de capacidad). (En años anteriores se empleó otro método, basado en el modelo logístico y en datos normalizados para barcos de clase 3 (101-200 toneladas de capacidad). Sin embargo, debido a la escasez de barcos de la clase 3, en este informe sólo se presentan los datos de la CPUE de barcos de clase 6).

En el caso de dos de los ajustes (véase 1 y 2, abajo), se fijó el coeficiente de capturabilidad  $q$  igual a 0.000039, la estimación obtenida anteriormente con datos de años precedentes, lo que implica que la capturabilidad de los peces de diversas edades no se ha modificado con el tiempo. En el caso de los otros ajustes (véase 3 y 4, abajo), se calculó nuevamente el coeficiente de capturabilidad a partir de datos correspondientes al período 1968-1984. Los datos de estas cuatro curvas son:

Adjuste	m	q	Rendimiento máximo sostenible en miles de toneladas cortas	Suma de cuadrados (x 10 <sup>-9</sup> )
(1)	2.0	0.000039	175	1.189
(2)	0.8	0.000039	173	1.259
(3)	2.0	0.000034	172	1.218
(4)	0.8	0.000021	152	1.492

$m$  es un parámetro que controla la forma de la curva; 2 la hace simétrica, los valores inferiores a 2 hacen que la curva sea asimétrica hacia la derecha y los valores superiores a 2 la hacen asimétrica hacia la izquierda. La suma de los cuadrados es una medida de la precisión del ajuste de los puntos a la curva, en que los valores más bajos de la suma de los cuadrados indican ajustes mejores y viceversa. Los datos correspondientes a las dos primeras relaciones, incluyendo los puntos correspondientes a 1985 y 1986 se grafican en la Figura 54.

En el Informe Anual de 1985 se señalaron varios puntos que se desprenden de este análisis. Primero, en tres de los cuatro análisis se estima que el PMRS es de unas 175 mil toneladas, igual a la estimación de años anteriores. Segundo, durante el período 1976-1981 el esfuerzo excedió la cantidad necesaria para lograr el PMRS. Las capturas tendieron a reducirse durante esos años, lo que indica que el modelo de producción lograba describir razonablemente bien la situación del stock de aleta amarilla en cuanto a las consecuencias de la pesca. Tercero, los niveles de esfuerzo aplicados durante el período 1982-1985 se encontraban cercanos al punto óptimo en la mayoría de los casos. Cuarto, todavía no se había logrado determinar cuál de los dos modelos, el simétrico o el asimétrico, proporcionaba una descripción más adecuada de la dinámica del stock de esta especie. Los datos acumulados en los últimos años hasta 1984, parecían favorecer a la forma asimétrica, en la que 0.8 era la "mejor" estimación de  $m$ , pero al agregar los datos de 1985 se comprobó que en las formas simétricas del modelo las sumas de los cuadrados eran menores y, por lo tanto, persistió la incertidumbre acerca de cuál de los valores de  $m$  era el más adecuado. Estos cambios en el grado de confiabilidad entre una forma y otra del modelo señalan la inestabilidad de la estimación de los parámetros en cuanto a la gama de datos observados en la pesquería en años

recientes y recalcan la necesidad de emplear modelos con estructura de edades y de producción.

En el recuadro superior de la Figura 55 se señalan los valores de la CPDP para el período 1968-1986. En el recuadro del medio se presenta un índice de la abundancia basado en el modelo de "tiempo de búsqueda" (Boletín de la CIAT, Vol. 18, No. 4) que es similar al modelo de la CPDP. Los índices de la biomasa de la abundancia del aleta amarilla, derivados del análisis de cohortes descrito anteriormente, se presentan en el recuadro inferior de la figura. El tiempo de búsqueda y los índices de la cohorte indican una reducción menor en el período 1970-1980 que los que muestran los índices de la CPDP, y el índice de cohortes señala una mayor recuperación desde 1980.

Los índices elevados de CPDP señalados en el recuadro superior de la Figura 55 indican que el aleta amarilla se encuentra en su punto de mayor abundancia desde los inicios de los años setenta. Este incremento de la abundancia era previsible en vista de las escasas capturas en 1982 y 1983 que permitieron el aumento de la población. Sin embargo, los índices de CPDP en 1984, 1985 y 1986 han sido más altos que lo previsto, lo cual probablemente se debe a: (1) un reclutamiento superior al promedio normal, (2) reducción del esfuerzo en las zonas donde se presenta el barrilete, a raíz de la disminución del precio del barrilete y del atún aleta amarillo pequeño, y (3) un rendimiento por recluta más elevado producido por el mayor tamaño promedio del aleta amarillo capturado. En cuanto al punto (2) es necesario mencionar que el modelo de tiempo de búsqueda (Figura 55, recuadro del medio), que incluye un ajuste para cubrir el efecto producido por la pesca en regiones donde se presenta el barrilete, muestra un incremento menor en los últimos años que el modelo de la CPDP (Figura 55, recuadro superior).

A partir de los análisis del modelo de producción basados en datos correspondientes al período 1968-1985, en el Informe Anual de 1985 se afirmaba que, para regresar el stock a su magnitud óptima, la captura de 1986 no debía ser superior a las 224 mil toneladas. Sin embargo, puesto que algunas estimaciones señalaban una cantidad inferior, la cuota máxima para 1986 se fijó en 205 mil toneladas. En la Tabla 29 se puede observar que la captura de 1986 alcanzó 256 mil toneladas aunque los índices de abundancia de ese año no disminuyeron. Más adelante se demostrará que la causa más probable de este aumento inesperado de la producción es el incremento del reclutamiento.

La fluctuación en el reclutamiento y los cambios en la mortalidad por pesca específica para cada edad siempre han creado dificultades en la aplicación de los resultados de los análisis de los modelos de producción. Como se mencionó anteriormente, el reclutamiento en el período 1984-1985 fue superior al de todos los demás períodos de dos años registrados anteriormente; este hecho, junto con los cambios en la mortalidad por pesca específica para cada edad, hacen poco aconsejable depender exclusivamente del análisis de los modelos de producción para hacer predicciones a corto plazo. Por ejemplo, si se agregan los datos de 1986 a la base de datos del período 1961-1985 y se calculan nuevamente los parámetros del modelo de producción, las estimaciones presentadas anteriormente varían muy

poco. Los resultados de estos análisis se presentan en la Figura 54. En relación con las estimaciones previas, hay poca modificación en las estimaciones del PMRS y el esfuerzo óptimo y, a largo plazo, ambos modelos describen adecuadamente la producción potencial promedio del stock. Para ambos ajustes,  $m = 2.0$  y  $m = 0.8$ , las sumas de los cuadrados son casi idénticas, lo cual comprueba nuevamente la dificultad de seleccionar el modelo que se ajuste más adecuadamente a los datos disponibles. En ambos modelos, cuando la CPDP observada se compara con la CPDP esperada, computada a partir del modelo mismo (Figura 56), se observa que, en promedio, existe una correspondencia adecuada en el transcurso de los años señalados. Sin embargo, existen divergencias notables en años específicos, sobre todo en lo que se refiere a los años más recientes. El hecho más sorprendente que se desprende de estas comparaciones es la notoria diferencia correspondiente a 1986, que indica que la abundancia esperada de aleta amarilla en 1986 es mucho menor que la abundancia observada. Esto se debe al hecho de que los modelos de producción son, en lo esencial, modelos de regresión, que responden a situaciones normales pero que no pueden reflejar los efectos provocados por importantes cambios a corto plazo en el reclutamiento o en la mortalidad específica para cada edad.

### ***Situación del stock en 1986 y consideraciones para 1987***

#### ***En el ARCAA***

Si se supone que los modelos de producción utilizados hasta ahora describen adecuadamente la situación del stock de aleta amarilla en el Pacífico oriental, la captura debiera experimentar una disminución notable en 1987. Ambos ajustes del modelo,  $m = 2.0$  y  $m = 0.8$  (Figura 54) predicen que la abundancia del aleta amarilla a fines de 1986 y principios de 1987 será casi igual a la del período 1977-1978. A ese nivel de abundancia el modelo pronostica una captura de equilibrio para 1987 equivalente a unas 160 a 170 mil toneladas con 27 mil días de esfuerzo. El modelo predice, asimismo, que si el esfuerzo en 1987 se mantiene a un nivel similar al de años recientes (aproximadamente 16 mil días), la captura será inferior a las 130 mil toneladas. Sin embargo, con base en los análisis descritos previamente en este documento, resulta evidente que esto es una subestimación substancial de la situación.

Los análisis del rendimiento por recluta han demostrado que, para una cantidad determinada de reclutas que ingresan a la pesquería, el rendimiento puede modificarse en más de 20 por ciento si se altera la composición de talla de la captura. La Figura 57 señala los rendimientos por recluta correspondientes a dos configuraciones diferentes de la mortalidad por pesca específica para cada edad. La línea de trazos se calculó utilizando la mortalidad por pesca específica para cada edad, o composición de talla de los peces en la captura, observada durante el período 1985-1986 en que, en promedio, el tamaño de los peces capturados fue mayor. La línea continua señala el rendimiento por recluta utilizando la composición de talla de los peces en la captura lograda en el período 1977-1981 en que, en promedio, el tamaño de los peces fue menor. Si el reclutamiento fuera constante y el esfuerzo se mantuviera a un nivel similar al del período 1983-1986 se lograría



un incremento del rendimiento de por lo menos 20 por ciento al capturar peces de mayor tamaño (línea de trazos en la Figura 57).

Con el fin de facilitar la comprensión de la relación entre los cambios en la talla de los peces y la producción potencial, en la Figura 58 se han incorporado los resultados obtenidos del análisis de la producción y del rendimiento por recluta, mediante una representación tridimensional de la relación entre la productividad y el esfuerzo de pesca. En esta figura se describen los efectos sobre la productividad del stock (en términos de diferentes tipos de modelos de producción) al modificar la mortalidad por pesca a edad específica (o promedio del tamaño de los peces en la captura). Las distintas curvas representan la relación entre el esfuerzo de pesca y la productividad a partir de diversos niveles de mortalidad por pesca específica para cada edad. Existe un valor máximo de producción en el plano XY que refleja cada nivel, pero en algún punto del espacio XYZ hay uno en particular que representa el valor general de la producción máxima, y el plano XY que atraviesa ese punto corresponde al nivel de mortalidad por pesca específica para cada edad capaz de lograr la producción máxima.

Se estima que el reclutamiento ha fluctuado aproximadamente por un factor de 3 y, en relación con el rango de datos de pesca, este hecho parece no tener relación con la magnitud del stock. Esta situación dificulta aún más la elaboración de pronósticos de reclutamiento a corto plazo a partir de los modelos de producción. Para mejorar las predicciones obtenidas a partir de este modelo es necesario utilizar información sobre el reclutamiento. Lo más conveniente sería efectuar pronósticos con uno o dos años de anticipación. El Laboratorio de la CIAT en Achotines, República de Panamá, se creó, en parte, para obtener información que permita realizar pronósticos sobre el reclutamiento de aleta amarilla; lamentablemente los datos necesarios no estarán disponibles en el futuro inmediato. Como se señaló en el Informe Anual de 1985, las fluctuaciones en el reclutamiento parecían tener relación con cambios importantes en el medio oceánico. El análisis de las estimaciones de reclutamiento derivadas del análisis de las cohortes (señalado en la Tabla 27) indica que existen fuertes anomalías positivas en el reclutamiento de 1971, 1974 y 1978. Estos incrementos del reclutamiento fueron precedidos por un aumento general de la temperatura provocada por la Corriente de El Niño en 1969, 1972 y 1976. A partir de esta correlación se esperaba un incremento del reclutamiento después de la fuerte Corriente de El Niño que se presentó en 1982-1983; efectivamente, el reclutamiento correspondiente al período 1984-1985 está demostrando ser el más elevado registrado hasta la fecha. Los mecanismos subyacentes de la relación entre la Corriente de El Niño y el incremento del reclutamiento no se comprenden plenamente, pero pueden tener relación con factores que afectan la supervivencia de peces jóvenes en la zona de la pesquería o pueden deberse a una modificación de la velocidad en que los huevos, las larvas y los especímenes en estado post-larval fluyen hacia adentro o hacia afuera del Pacífico oriental transportados por las principales corrientes oceánicas. La presencia de la Corriente de El Niño afecta la velocidad e incluso la dirección de las corrientes oceánicas normales. Puesto que los efectos de dicha corriente sobre la pesquería no son observables hasta casi dos años después de ocurrido el



fenómeno, si ésta correlación persiste será un indicador importante de los cambios positivos en el reclutamiento.

Se han aplicado a los datos dos niveles de reclutamiento distintos para evaluar el efecto del mayor reclutamiento sobre el rendimiento total. En el primer caso, se utilizó la estimación del rendimiento por recluta basado en la composición de talla de la captura del período 1985-1986 junto con la estimación del reclutamiento promedio en el período 1976-1986 para calcular el rendimiento total; los resultados aparecen en forma de línea continua en la Figura 59. En el segundo caso, se aplicó la misma estimación del rendimiento por recluta junto con las estimaciones del reclutamiento para el período 1984-1985; los resultados aparecen en forma de línea de trazos en la figura correspondiente. Es evidente que los incrementos en el reclutamiento producen un gran aumento en el rendimiento.

Ambas variables se combinan en la Figura 60, que muestra los rendimientos con alto reclutamiento y la mortalidad específica para cada edad en el período 1985-1986 y con reclutamiento normal y la mortalidad específica para cada edad en el período 1977-1981. Puede observarse que el rendimiento aumenta hasta un 60 por ciento, casi un tercio del cual es atribuible a la modificación producida por la captura de peces de mayor tamaño mientras que los dos tercios restantes resultan del incremento del reclutamiento.

Para estimar la abundancia y la captura en 1987 se puede realizar un análisis similar. El análisis de las cohortes proporciona una estimación de la cantidad y el peso de cada grupo de edad de la pesquería a principios de 1987, sin incluir a los peces que se reclutarán durante este año. Cabe señalar que la estimación del reclutamiento hecha en 1986 es preliminar y está sujeta a cambios. Esto se debe al hecho que los reclutas han estado expuestos a la pesquería solamente durante un año y, si su vulnerabilidad frente a la captura fue superior o inferior al promedio, el reclutamiento resultante podría haberse sobreestimado o subvalorado. Este análisis proporcionará una estimación del rendimiento esperado, si llegan a cumplirse ciertas suposiciones sobre el nivel de abundancia de los peces reclutados y sobre la mortalidad por pesca a edad específica durante 1987. Se ha partido de la suposición que el reclutamiento durante 1986 y 1987 es normal y que la mortalidad por pesca específica para cada edad en 1987 es igual a la del período 1985-1986. Los resultados indican que la captura de 1987 sería casi igual a la de 1986 y que la abundancia disminuiría en menos de 15 por ciento. Sin embargo, si la pesquería se dedica nuevamente a la captura de peces de menor tamaño, tal como ocurrió en el período 1977-1981, la captura de 1987 continuaría siendo elevada pero al llegar a 1989-1990, sería entre 15 y 23 por ciento menor que la que se podría obtener si prevaleciera la configuración actual de la mortalidad por pesca específica para cada edad. Por supuesto, si el reclutamiento de 1986 y 1987 es inferior al promedio, la captura de 1987 será menor que lo previsto.

Los análisis de 1987 pueden proyectarse hasta 1990. A partir de la biomasa de peces existente a principios de 1987, y suponiendo una mortalidad por pesca a edad específica estable y un reclutamiento normal, en comparación con los niveles actuales la captura debiera tender al descenso hasta llegar a aproximadamente

190 a 210 mil toneladas a fines de 1990, dependiendo del reclutamiento. Bajo este régimen, si no cambia el reclutamiento y la mortalidad por pesca específica para cada edad, la población debiera encontrarse cerca de su punto óptimo a fines de 1990 (Figura 61) y seguiría soportando capturas elevadas. Evidentemente, es muy arriesgado efectuar predicciones a tan largo plazo puesto que tanto el reclutamiento como la mortalidad por pesca específica para cada edad son fenómenos altamente variables.

En resumen, la evaluación del efecto de la pesca sobre la abundancia y rendimiento del aleta amarilla en el Pacífico oriental presenta serias dificultades. La utilización exclusiva de los modelos de producción arrojaría resultados sesgados. En consecuencia, los investigadores de la Comisión han combinado los resultados de tres modelos diferentes (rendimiento por recluta, cohortes y producción) para llegar a conclusiones más ajustadas a la realidad. Sin embargo, la capacidad de pronóstico de estos análisis está sujeta a un margen de error considerable. En la actualidad, los investigadores están tratando de modificar los modelos de producción incorporando los efectos variables del reclutamiento y de la mortalidad por pesca específica para cada edad.

Con respecto al establecimiento de una cuota de captura para 1987, los análisis precedentes demuestran que el stock de aleta amarilla dentro del ARCAA se encuentra a un nivel elevado y se espera que la captura de 1987 sea similar a la de 1986. En vista de la actual capacidad de pesca existente en el Pacífico oriental, el riesgo de sobreexplotación del recurso es virtualmente nulo, motivo por el cual los investigadores han decidido no recomendar el establecimiento de una cuota de captura para 1987. En cuanto a los años restantes del presente decenio, se piensa que la pesca continuará siendo buena si, como se mencionó anteriormente, el reclutamiento es normal y no hay variaciones en la mortalidad por pesca específica para cada edad. Sin embargo, si el reclutamiento disminuye o si los peces capturados son de menor tamaño, la captura se reducirá.

Es imposible controlar el reclutamiento aunque, en términos teóricos, es factible modificar la composición de talla de la captura. Se ha hecho hincapié sobre esta posibilidad en múltiples ocasiones pero no se han formulado recomendaciones para la protección de los peces de menor tamaño. Como se señaló anteriormente sin embargo, las capturas de peces pequeños disminuyeron durante 1985 y 1986. Esta modificación de la composición de talla de la captura se debe a la reducción de la demanda de peces pequeños pero es imposible prever la duración de esta situación. Si aumenta la demanda de atún probablemente aumentará también el esfuerzo dirigido hacia especímenes pequeños de aleta amarilla y barrilete. En la actualidad, la mayoría de las grandes pesqueras de atún a nivel mundial están logrando altos niveles de captura y la demanda se mantiene a la par con la oferta. Sin embargo, si disminuyera la captura en una o varias de estas grandes pesqueras, se rompería el equilibrio y se intentaría compensar la situación mediante el incremento de la captura en otras regiones. Si ésto ocurriera, probablemente aumentaría el esfuerzo de pesca en el Pacífico oriental y posiblemente se capturaría mayor número de ejemplares pequeños de aleta amarilla. Existen varios métodos para reducir la captura de peces pequeños. En primer lugar, se puede reducir el

esfuerzo de pesca. Segundo, se puede fijar una talla mínima. Tercero, se puede limitar la pesca en aquellas zonas y épocas en que predominan los peces pequeños. Cuarto, suponiendo que fuera posible restablecer el sistema anual de clausura, se puede modificar la fecha de apertura de la temporada, para reducir la cantidad de pesca durante el período en que la abundancia de peces pequeños es más frecuente en la captura. En relación con la primera opción, se ha señalado que la reducción de la pesca durante el período 1982-1984 produjo un incremento en la talla promedio de los peces de la población, aumentando su productividad. Sin embargo, una disminución adicional del esfuerzo probablemente no produciría un aumento de la captura; en todo caso, esta solución no corresponde puesto que el tema en discusión es el aumento del esfuerzo en el Pacífico oriental provocado por las bajas capturas en otras zonas. En cuanto a la segunda opción, los análisis de la composición de talla indican que, por lo general, existe una incidencia elevada de peces pequeños mezclados con peces de mayor tamaño y de barrilete mezclado con atún aleta amarilla pequeño. Esto dificultaría la protección del aleta amarilla pequeño, porque es posible que sean capturados en grandes cantidades por barcos que intentan capturar especímenes grandes de atún aleta amarilla y barrilete. Si no se permitiera el desembarco de los especímenes pequeños, se arrojarían nuevamente al mar, ya muertos, y el rendimiento por recluta se reduciría en lugar de aumentar. Respecto de la tercera opción, la veda en zonas de mayor abundancia del aleta amarilla pequeño quizás serviría para incrementar el rendimiento por recluta de esta especie, siempre que la flota pudiera maniobrar eficazmente en zonas donde hay peces de mayor tamaño, pero la reducción de las capturas de barrilete probablemente sería mayor que el aumento de las capturas de aleta amarilla, ya que el barrilete es más abundante en zonas donde los especímenes pequeños de aleta amarilla se encuentran en mayor número. En cuanto a la cuarta opción, no es evidente que la modificación de la fecha de apertura de la temporada produzca el beneficio esperado. Durante los primeros años del período en que rigieron las vedas anuales, cuando la mayor parte del esfuerzo de pesca se ejercía en el primer semestre del año, solo se obtenían pequeñas capturas de los peces de la cohorte Y que ingresaban por primera vez a la pesquería con un peso de 3.4 a 6.8 libras (1.5 a 3.1 k) en el segundo semestre del año. Se pensó que ésto se debía fundamentalmente a la falta de vulnerabilidad a la pesca de los peces de esta cohorte. Sin embargo, en años posteriores, la pesca fue intensa durante el segundo semestre del año y la captura de peces de la cohorte Y entrante aumentó substancialmente. En consecuencia, es posible que los beneficios de la modificación de la temporada no sirvan para proteger a los peces más jóvenes como se esperaba inicialmente. Actualmente, los investigadores no pueden recomendar ninguna de las medidas anteriores, puesto que no es posible predecir el efecto de tal reglamentación sobre la captura real (no el desembarco) de peces pequeños.

### ***Fuera del ARCAA***

La pesca ha maniobrado en la zona fuera del ARCAA (Figura 53, zona A3) desde 1968 (Tabla 29). La pesca en esa zona es relativamente escasa en el primer semestre del año debido principalmente al mal tiempo. Cuando el tiempo mejora (alrededor de mayo y junio) muchos de los grandes barcos de la flota internacional

ya se han trasladado a zonas de pesca fuera del ARCAA. Los experimentos de marcado señalan que el índice de mezcla entre esta zona y el ARCAA es reducido, por lo que hasta la fecha, el aleta amarilla que habita en la zona fuera del ARCAA y el que se encuentra en el ARCAA han sido analizados por separado.

La CPDP de 1969 sobrepasó las 20 toneladas, pero durante el período 1970-1984, la CPDP se ha mantenido relativamente constante entre 7 y 13 toneladas (Figura 62, recuadro superior). En 1985 la CPDP aumentó hasta casi alcanzar el nivel logrado en 1969 mientras que el valor de 1986 lo superó. La tendencia ascendente de la CPDP en 1983-1986, es igual a la del ARCAA (Figura 55, recuadro superior). Se cree que ésto se debe a que los mismos factores que afectaron a la CPDP dentro del ARCAA afectaron a la CPDP fuera del ARCAA de la misma manera. En 1969, 1970 y 1971, el esfuerzo fue inferior a 2.9 mil días y las capturas fueron inferiores a las 31 mil toneladas (Figura 62, recuadro inferior). En el período 1972-1976, el esfuerzo y las capturas fueron casi constantes, el primero entre 3.5 y 4.2 mil días y la última entre 41 y 51 mil toneladas. Desde 1977 hasta 1984, aparentemente a raíz de la reducción del esfuerzo, las capturas alcanzaron un promedio de sólo 20 mil toneladas aproximadamente, pero las CPDP fueron solamente un poco inferiores a las de 1970-1976. Durante 1985, el esfuerzo fue el más bajo que se ha aplicado desde 1969, pero la CPDP fue muy elevada. En 1986 el esfuerzo aumentó y, junto con la CPDP muy elevada, la captura fue la más alta que se ha obtenido desde 1976. En el recuadro inferior de la Figura 62 se observa claramente que, con excepción de la captura correspondiente a 1986, la captura en la zona fuera del ARCAA ha permanecido proporcional al esfuerzo. Puesto que el esfuerzo ha sido relativamente bajo en años recientes, situación que también prevaleció en 1986, y debido a que los factores que afectan el reclutamiento en el ARCAA probablemente afectan igualmente a las zonas fuera del ARCAA, no parece existir una razón biológica para fijar límites en la captura o en la intensidad de la pesca fuera del ARCAA.

El tamaño promedio de los peces capturados fuera del ARCAA se redujo de unas 63 libras (29 k) en 1972-1975, a aproximadamente 27 libras (12 k) en 1979-1983, y luego aumentó a unas 65 libras (29 k) en 1984, y permaneció casi igual en 1985 (Figura 63). En 1986, el tamaño promedio aumentó a aproximadamente 76 libras (34 k), el más elevado registrado en los últimos años. La disminución general observada hasta 1983 podría deberse al aumento en la mortalidad por pesca, pero también es posible que haya sido producida por los cambios en los métodos de pesca, es decir, un aumento de la pesca de cardúmenes asociados con objetos flotantes y una disminución de la pesca de cardúmenes asociados con delfines. El aumento de 1984-1986 se debe probablemente a la reducción de las capturas de 1982 y 1983, lo que permitió el mayor desarrollo de los peces. Es necesario continuar con la supervisión estrecha de la pesca en la zona fuera del ARCAA para evaluar las distintas posibilidades.

### **ATUN BARRILETE**

El barrilete ha sido durante muchos años la especie dominante en las capturas mundiales de atún. Este predominio continuó incrementándose hasta 1984. En

consecuencia, la proporción de barrilete en la captura de las principales especies comerciales aumentó de 36 por ciento en 1970 a 47 por ciento en 1984. En el Océano Pacífico, el barrilete es aún más importante pues constituye casi el 50 por ciento de la captura total de las principales especies comerciales. En la Figura 64 se presentan las capturas mundiales de barrilete, divididas por zonas. Es evidente que las capturas en el Océano Pacífico son muy superiores a las del Océano Atlántico o Índico y que las capturas en la parte central y occidental del Pacífico son mucho más elevadas que las del Pacífico oriental. Las capturas en el Pacífico oriental permanecieron aproximadamente al mismo nivel desde 1965 hasta 1986, con excepción del incremento en el período 1975-1981; en cambio las capturas de otras zonas se han duplicado con creces.

En el Océano Pacífico nordeste la pesca de barrilete en gran escala se realiza cerca de Baja California, las Islas Revillagigedo y la Isla Clipperton mientras que en el sudeste del Océano Pacífico se efectúa cerca de América Central, la parte septentrional de Sudamérica, la Isla de Cocos-Banco de Brito y en las Islas Galápagos. La zona de aguas cálidas a la altura de México meridional que separa estas dos regiones generalmente carece de barrilete, pero en algunos años, como sucedió en 1956, la distribución de barrilete ha sido continua de norte a sur. En años normales, el marcado ha demostrado que existe poca mezcla de peces entre las dos zonas. La pesca de barrilete en el Océano Pacífico oriental se efectúa más cerca del litoral que la del aleta amarilla, pero en los últimos años ha aumentado la proporción de barrilete capturado mar afuera. En el Océano Pacífico central se explota el barrilete en menor escala cerca de las islas de Hawai y la Polinesia francesa (las islas Marquesas, Tuamotu y Sociedad). Hacia el oeste, cerca de Fiji, las Filipinas, Indonesia, Japón, Papua Nueva Guinea, Nueva Zelanda, las Islas Salomón, etc., se explota el barrilete en forma más significativa.

La captura de barrilete en el Océano Pacífico oriental varía considerablemente de un año a otro (Figura 64). Existe una correlación moderada entre las capturas de la zona nordeste y sudeste pero en ocasiones, como sucedió en 1970, la captura es superior al promedio en una zona e inferior al promedio en la otra (Figura 65). A fines de los años cincuenta se obtuvieron grandes capturas de barrilete al sur de los 5°S y, desde esa época hasta principios de los años setenta se obtuvieron grandes capturas de esta especie cerca de la costa, a la altura de Ecuador y el norte de Perú. Sin embargo, a principios de la década de 1970, el centro de abundancia del grupo sudeste aparentemente se trasladó a las aguas frente a Colombia y América Central, regresando nuevamente hacia Colombia y Ecuador a principios de la década de 1980.

En la Figura 15 se presenta la composición de talla de las muestras de barrilete obtenidas en el Pacífico oriental desde 1981 hasta 1986. Son evidentes las diferencias entre los años; la aparición de peces de más de 55 cm (7.8 libras o 3.5 k) fue mayor en el período 1984-1986 que en años anteriores.

### ***Estructura de la población***

Es fundamental establecer si el barrilete que aparece en el Océano Pacífico forma parte de una sola subpoblación o de varias subpoblaciones, y en este último

caso, determinar en qué zonas aparecen las diferentes subpoblaciones e investigar las variaciones de la distribución según el tiempo y la edad. Se ha estudiado este problema mediante varios métodos que incluyen análisis de marcado, estadísticas de captura, ciclo vital y datos genéticos bioquímicos. Diversas organizaciones, tales como la CIAT, la South Pacific Commission (SPC), el National Marine Fisheries Service (NMFS) de los EEUU y varias entidades del Japón han efectuado estudios en este campo. Los resultados y recomendaciones de estos estudios se analizaron en una reunión de trabajo patrocinada por la SPC en 1980; las conclusiones de esa reunión, a la que asistieron biólogos pesqueros y especialistas en genética de población, fueron analizadas a fondo en el Informe Anual de 1984. Dicho informe contiene además un análisis de la estructura de población del barrilete en el Pacífico oriental y su relación con las poblaciones en el resto del Pacífico. En resumen, existen dos hipótesis principales sobre el barrilete del Océano Pacífico: (1) la hipótesis de la subpoblación separada afirma que en el Océano Pacífico existen al menos dos subpoblaciones de barrilete genéticamente distintas; (2) la hipótesis de gradación (o clinal), sostiene que no existen subpoblaciones separadas de barrilete en el Océano Pacífico sino que hay aislamiento por distancia, es decir, la probabilidad de hibridización de los peces está en función inversa de la distancia entre uno y otro. En la reunión de trabajo se concluyó que la información disponible actualmente no permite inclinarse por ninguna de las dos hipótesis mencionadas. En el Pacífico oriental, el barrilete del norte de México y el de Sudamérica-Centroamérica aparentemente forma parte de un solo grupo que habita una zona en forma de arco cuyos extremos se encuentran en esas dos zonas; los peces que se encuentran en los extremos de la distribución se mezclan, en cierta medida, en las localidades de desove del Pacífico central y/o del occidental.

### ***Modelos de abundancia y producción***

Durante los últimos tres o cuatro años se han realizado varios estudios sencillos para determinar los efectos de las condiciones ambientales sobre la abundancia, disponibilidad y vulnerabilidad de captura del barrilete en el Océano Pacífico oriental. Uno de estos estudios, descrito en previos informes anuales de la CIAT, analiza la relación entre la abundancia aparente de barrilete en su segundo año de vida en el Océano Pacífico oriental y (1) el promedio de la temperatura superficial del mar en la zona del Océano Pacífico comprendida entre los 135°W y los 180° con temperaturas superficiales marinas superiores a los 82°F (27.8°C); y (2) el índice de mezcla del viento (el promedio de la velocidad del viento al cubo, que es aproximadamente proporcional al grado de mezcla causado por el viento en las capas superiores del océano) en esta zona.

El primer análisis se efectuó en vista de la alta correlación positiva entre la temperatura y la concentración de larvas de barrilete en los arrastres de redes de zooplancton, lo cual permite pensar que puede haber más desove o supervivencia de larvas en los años más cálidos. El segundo análisis se realizó porque es posible que la supervivencia de las larvas de barrilete dependa del grado de mezcla de las capas superiores del océano. Las investigaciones realizadas en el NMFS Southwest Fisheries Center de La Jolla indican que, en la Corriente de California, la concentración de alimento apto para las larvas de anchoa en sus primeras

alimentaciones, tiende a presentarse en grupos y estratos bien definidos. El afloramiento y la mezcla interrumpen la formación de estratos y dispersan los organismos alimenticios, de modo que muchas de las larvas no pueden obtener alimento suficiente para sobrevivir. Aparentemente, existe una relación entre el desarrollo de generaciones fuertes de anchoas adultas y la debilidad de los vientos durante la etapa larval, y viceversa. Se pensó que esto ocurriría también en las zonas de desove de barrilete en el Pacífico central. No se encontró una correlación significativa entre la abundancia de barrilete y la temperatura superficial del mar, pero se detectó una correlación altamente significativa entre el barrilete y el índice de la mezcla del viento, ya que este índice es responsable del 55 por ciento de la variabilidad en la abundancia aparente de barrilete en su segundo año de vida en el Pacífico oriental.

Se han realizado, además, investigaciones para determinar si hay relación entre la abundancia aparente de barrilete en su segundo año de vida en el Pacífico oriental y la fuerza de la Contracorriente Ecuatorial del Norte que fluye hacia el este. Si el barrilete usa esta corriente en su desplazamiento se esperaría que los peces jóvenes fueran transportados al Pacífico oriental en cantidades superiores a lo normal cuando la corriente es más fuerte y en cantidades inferiores a lo normal cuando es más débil. Sin embargo, no se encontró una correlación significativa entre la abundancia de barrilete y los índices de la velocidad de la corriente. En general, los resultados obtenidos por los investigadores de la CIAT en sus estudios sobre la relación entre la abundancia aparente del barrilete y las condiciones ambientales indican que esta relación es compleja y sutil. Se podría resolver parte del problema si se pudiera realizar estudios biológicos y estadísticos de la unidad (o de todas las unidades si hay más de una) de la población que contribuye a la pesca en el Pacífico oriental, en lugar de analizar tan sólo la(s) parte(s) que habita(n) el Océano Pacífico oriental durante parte de su ciclo vital. Se cuenta con datos útiles sobre la captura, el esfuerzo y la CPUE tan sólo para parte(s) de la(s) unidad(es) de población del Pacífico. La separación de las capturas de peces de la(s) unidad(es) de población que contribuye(n) a la pesca en el Pacífico oriental de aquella(s) que no interviene(n) en este proceso, constituye un problema adicional.

Los modelos de producción, basados en los índices de abundancia de los peces, fueron descritos en el presente informe en la sección sobre atún aleta amarilla. Se señaló que no es posible aplicar modelos de este tipo, a menos que los peces pertenezcan a una población diferenciada, es decir: (1) que exista un intercambio relativamente bajo entre los peces que habitan la zona estudiada (en este caso el Océano Pacífico oriental) y aquellos de otras zonas en las que se explota la especie susodicha, o (2) que se conozcan los índices de intercambio entre las subpoblaciones. Estos requisitos no se cumplen, ya que el mercado ha demostrado que existe intercambio de peces entre el Océano Pacífico oriental, el central y el occidental (Figura 66). Por lo general, la pesca de barrilete en el Pacífico oriental se efectúa relativamente cerca de la costa. Aparentemente, la mayor parte del barrilete capturado en el Pacífico oriental proviene de los desoves en el Pacífico central y/u occidental, y estos desoves pueden surtir también a las regiones de alta mar del Pacífico oriental, central y occidental. En consecuencia, es posible que la captura en el Pacífico oriental esté determinada por la proporción de juveniles nacidos

en el Pacífico occidental y/o el central que se desplazan al Pacífico oriental, o por la abundancia de los juveniles en esta o esas zonas. A falta de una definición de la población explotada, el modelado de producción tiene un valor muy limitado para el barrilete que se pesca en el Pacífico oriental.

A pesar de los problemas mencionados anteriormente, se ha intentado comparar el esfuerzo y la CPUE del barrilete en el Océano Pacífico oriental. El esfuerzo de pesca aumentó durante los años setenta debido al incremento en la capacidad de la flota. Sin embargo, resulta evidente que esto no ha agotado el recurso ya que, a fines de la década de 1970, se obtuvieron algunas de las capturas totales más numerosas. Las capturas de barrilete se redujeron en 1982-1986, pero esto se debe, principalmente, a la reducción del esfuerzo durante ese período. En el período 1982-1983, el esfuerzo fue menor puesto que muchos barcos abandonaron el Pacífico oriental y se dedicaron a la pesca en el Pacífico occidental; en cambio, en el período 1984-1986, el esfuerzo fue menor a causa de la disminución del precio del barrilete, lo que hizo que los pescadores intensificaran la pesca de aleta amarilla, reduciéndose así el esfuerzo aplicado al barrilete. En la Figura 67 se señala la CPUE y el esfuerzo de los cerqueros en unidades de la clase 6 de arqueo (barcos con más de 400 toneladas de capacidad), correspondientes a 1961-1986. No parece existir una relación evidente; sin embargo, es posible que tal relación sea ocultada por la naturaleza de la pesca. Por ejemplo, es posible que la cantidad de barrilete disponible sea distinta en diferentes años, pero la cantidad de esfuerzo aplicado a esa especie puede ser proporcional a su disponibilidad, con lo cual la CPUE de cada año sería muy similar. Este podría ser el caso, por ejemplo, si se encontrara barrilete en mayor número de zonas en los años de gran disponibilidad que en los años de escasa disponibilidad, pero con una densidad similar de peces en cada zona en todos los años. Los datos disponibles actualmente no contienen evidencia significativa que demuestre que este fenómeno podría encubrir la relación entre la abundancia de barrilete y el esfuerzo de pesca, pero se seguirá analizando este problema dentro de los estudios generales de la CIAT sobre el esfuerzo de pesca y la CPUE como índices de la abundancia.

### ***Modelos con estructura de edades***

El enfoque de rendimiento por recluta aplicado a modelos con estructura de edades fue analizado anteriormente en la sección sobre el aleta amarilla. Sin embargo, las poblaciones de barrilete y aleta amarilla del Pacífico oriental son ligeramente diferentes. El agotamiento natural del aleta amarilla se debe sólo a la mortalidad natural, mientras que el del barrilete se debe tanto a la mortalidad natural como al desplazamiento al Pacífico central y occidental. A partir de los datos de frecuencia de talla y del marcado, se calcula que el índice anual combinado de mortalidad natural y desplazamiento del barrilete es de aproximadamente 90 por ciento, mientras que la mortalidad natural del aleta amarilla es de aproximadamente 55 por ciento.

Se han empleado los datos de la frecuencia de talla y de devolución de marcas para estimar el índice de crecimiento del barrilete. En cuanto al aleta amarilla, es más difícil seguir la progresión de los grupos modales ya que la longitud modal varía erráticamente de un mes a otro. Evidentemente, la causa principal de esto



radica en el reclutamiento de peces del Pacífico central y el desplazamiento en dirección opuesta, pero además parece que la vulnerabilidad de los grupos de peces de diferentes tallas varía considerablemente de un mes a otro en el Océano Pacífico oriental. Los datos del marcado también son útiles en este sentido pero la mayoría de las recapturas son de peces que han estado en libertad por poco tiempo y, por consiguiente, tienen un valor limitado. Las escasas recapturas a largo plazo que se han recibido corresponden casi exclusivamente a peces recapturados en el Océano Pacífico central; las recapturas escasas se deben parcialmente a la baja intensidad de pesca en esa zona.

En la Figura 68 se presenta la relación estimada entre la talla de entrada, el esfuerzo de pesca y el rendimiento por recluta. Las estimaciones de los investigadores de la CIAT sobre crecimiento, agotamiento natural (mortalidad natural más desplazamiento) y la mortalidad por pesca del barrilete, se han integrado para obtener los cálculos que forman la base de esta figura. Se usó un índice anual instantáneo de agotamiento natural de 1.5 (aproximadamente 78 por ciento). El origen de los datos de aumento de peso es el siguiente:

Cómputo	Ecuación	Fuente
Aumento de longitud	17 cm por año	manuscrito en preparación
Relación entre longitud y peso	$\log_{10} p = 3.02 \log_{10} l - 7.41$	Boletín de la CIAT Vol. 3, No. 7

El recuadro superior de la figura se basa en la estimación de índices de mortalidad por pesca a edad específica a partir de los datos de la frecuencia de talla obtenidos entre 1967 y 1979; el recuadro del medio se basa en los índices estimados a partir de los datos obtenidos entre 1971 y 1973; y el recuadro inferior se basa en la estimación de los índices a partir de datos obtenidos entre 1975 y 1977. Los valores en la escala horizontal son múltiplos del esfuerzo de pesca durante los años mencionados, es decir, en el recuadro superior 0.5, 1.0 y 2.0 representan valores del esfuerzo que equivalen a la mitad de, igual a y el doble de los valores reales del esfuerzo de 1967-1969. Las combinaciones diversas del esfuerzo de pesca y de la talla de entrada proporcionan diferentes rendimientos por recluta que se indican por medio de curvas. Por ejemplo, si la talla de entrada se fija en 40 cm (unas 2.7 libras o 1.2 k) el rendimiento por recluta con un multiplicador de 1 es entre 1.00 y 1.10 libras (0.45 a 0.50 k) en el primer recuadro y entre 0.75 y 1.00 libras (0.35 a 0.45 k) en el segundo y tercer recuadro. En general, los rendimientos por recluta son más elevados con una talla de entrada de 35 cm (cerca de 1.7 libras o 0.8 k) y un esfuerzo de pesca considerablemente más elevado que el practicado hasta ahora en el Océano Pacífico oriental. Esto se debe a que la pérdida en el peso total de una cohorte de peces, por mortalidad natural y emigración, excede su incremento por crecimiento, aún cuando los peces midan solo 35 cm y aparentemente estén creciendo con rapidez.

### **Consideraciones para 1987**

Tanto los modelos generales de producción como los de estructura de edades no indican por el momento que sea necesario administrar el barrilete. Los modelos con estructura de edades señalan que se puede obtener el máximo rendimiento

por recluta en barrilete adolescente del Océano Pacífico oriental mediante la pesca intensiva de ejemplares de más de 35 cm. Aunque podría pensarse que esto reduciría el reclutamiento en años subsiguientes, los conocimientos actuales sobre el desove y la estructura de la población indican que es poco probable que así suceda; más aún, los datos del esfuerzo y de la CPUE demuestran que la pesca no ha reducido la abundancia de los peces.

Se puede afirmar con relativa seguridad que el barrilete ha sido subexplotado en el Océano Pacífico oriental y que esta situación se mantendrá en el futuro inmediato. No obstante, es importante adquirir mayores conocimientos sobre esta especie y su relación con el ambiente, en particular por las dos razones que se exponen a continuación. En primer lugar, es posible que estos conocimientos permitan pronosticar, con varios meses de anticipación, la abundancia de barrilete en el Pacífico oriental, lo cual sería muy valioso para los pescadores, quienes deben decidir por adelantado si han de pescar en el Océano Atlántico oriental, en el Pacífico oriental o en el Pacífico occidental. En segundo lugar, es posible que el conocimiento de las condiciones ambientales favorables para la existencia del barrilete, junto con la noción de los procesos dinámicos del océano, permitiera pronosticar los lugares y momentos en que existe mayor probabilidad de capturar barrilete en el Pacífico oriental; esto aumentaría la eficacia de los barcos que pescan en esta zona. Se analizó una vasta gama de datos sobre el barrilete y su relación con el ambiente y se elaboró un informe preliminar de este estudio en 1986. Este informe está siendo examinado por varios científicos de otras organizaciones.

## PATUDO

El patudo es capturado principalmente por embarcaciones palangreras. En la primera parte de los años cincuenta había poca pesca palangrera en el Pacífico oriental y, por consiguiente, la captura de patudo en esta zona era escasa. Sin embargo, a mediados de los cincuenta los barcos palangreros japoneses empezaron a pescar en el Pacífico oriental y aumentaron las capturas de patudo (Tabla 30). Correspondientemente, el personal de la CIAT le ha prestado más atención a esta especie. Durante el período 1965-1974 se publicaron siete escritos referentes a la pesca palangrera de patudo y especies afines efectuada por la flota japonesa en el Pacífico oriental, encontrándose otro artículo en prensa en 1986.

En la Figura 69 se presenta la distribución trimestral de la captura media de patudo por unidad de esfuerzo de los barcos palangreros en el Pacífico oriental, correspondiente al período 1971-1980. Los índices de captura de patudo por anzuelo (número de peces capturados por cada 100 anzuelos) fueron altos en la mayor parte del Pacífico oriental, excepto en la zona al norte de los 5°N y al este de los 125°W. Las zonas con índices más elevados de captura durante todo el año fueron entre el Ecuador y las Islas Galápagos, al nordeste de Hawai (la zona entre los 18°-33°N y 120°-145°W) durante el primer y cuarto trimestre, y frente a la parte meridional del Perú y el norte de Chile, en la zona entre los 18°-25°S y 80°-90°W durante los dos últimos trimestres.

Los datos de frecuencia de talla del patudo capturado con palangre entre 1971 y 1980, en la zona delineada en la Figura 70 se presentan en la Figura 71. La

talla de la mayoría de los peces en la captura fluctúa entre unos 100 y 170 cm. La composición de talla fue relativamente constante durante el período 1971-1974, pero entre 1975 y 1980 se observa un cambio considerable. La proporción de peces más pequeños (de menos de 120 cm) fue significativamente superior en 1977 y 1979, y se observa una separación más marcada de los grupos modales en 1975, 1976, 1979 y 1980. Los cambios en la composición de talla se analizarán más profundamente en el futuro, ya que coinciden en el tiempo con el reciente incremento del esfuerzo de pesca de la flota palangrera japonesa.

Las capturas estimadas de patudo lograda por las artes epipelágicas en el Océano Pacífico oriental aumentaron a fines de los años 60 y en los años setenta y disminuyeron después de 1981 (Tabla 30). El aumento en las capturas aparentemente se debió a dos factores. Primero, la captura real puede haber aumentado gracias a que esta especie no está reglamentada, lo cual estimuló, en algunos casos, la preferencia de los pescadores por el patudo en lugar del aleta amarilla, el cual fue objeto de ciertas restricciones en buena parte del Pacífico oriental durante los últimos meses de cada año entre 1966 y 1979. Simultáneamente, puede haber mejorado la pericia de los pescadores para capturar patudo. Segundo, las estadísticas más recientes son más precisas. Los pescadores obtienen el mismo precio por el patudo que por el aleta amarilla, así que frecuentemente se han registrado las capturas de patudo como si fueran de aleta amarilla. Sin embargo, desde que se promulgaron las reglamentaciones, se registran con más frecuencia las dos especies por separado, y en las localidades que no lo hacen, los empleados de la CIAT obtienen una información más completa, ya que tratan de estimar la proporción de cada especie si el desembarco es mixto. La reducción que se presentó después de 1981 tal vez se deba principalmente a una disminución en el esfuerzo de pesca durante ese período.

En la Figura 16 se presentan los datos de frecuencia de talla de patudo capturado por barcos cerqueros en el Pacífico oriental en 1980-1986 medidos por el personal de la CIAT. Aproximadamente la mitad de la captura por peso está formada por peces que miden menos de 100 cm de longitud.

En general, hay dos métodos para analizar los efectos de la pesca sobre una población de peces: los modelos de producción y los modelos con estructura de edades. Estos modelos se describen detalladamente en la sección sobre el aleta amarilla.

### ***Modelos de producción***

Los modelos de producción se aplican sólo a peces de poblaciones distintas; en consecuencia, estos modelos se pueden aplicar al patudo del Océano Pacífico oriental sólo si hay relativamente poco intercambio de estos peces con aquellos de las zonas que se encuentran más hacia el oeste. Sin embargo, debido a la falta de datos de marcado y de otros estudios que aporten información sobre la estructura del stock, no es posible estimar el grado de mezcla (si es que existe) de patudo procedente de diferentes zonas.

En la Figura 72 se presentan los datos del esfuerzo, la captura y la captura por unidad de esfuerzo (número de peces capturados por cada millón de anzuelos)

correspondientes a 1954-1984, en la zona del Océano Pacífico oriental delineada en la Figura 70. Esta zona se escogió porque incluye las principales zonas de pesca de patudo; se piensa que la inclusión de datos de zonas con grandes cantidades de esfuerzo y capturas escasas de patudo podrían ocultar la posible relación entre el esfuerzo y la captura de patudo. En 1954-1960 el esfuerzo y la captura fueron bajos y la captura por unidad de esfuerzo (CPUE) fue elevada. De 1961 a 1964, el esfuerzo y la captura fueron muy superiores a los de 1954-1960. En 1961 la CPUE fue ligeramente inferior a 3 peces por cada 100 anzuelos y se redujo en 1964 a menos de 1.5 peces por cada 100 anzuelos. De 1964 a 1984 el esfuerzo fluctuó entre 38 y 114 millones de anzuelos y la captura fluctuó entre 0.37 y 1.07 millones de peces, pero la CPUE permaneció aproximadamente constante, cerca de 1 pez por cada 100 anzuelos. Es normal que la CPUE disminuya al aumentar el esfuerzo pero una leve reducción no significa necesariamente que hay sobrepesca del recurso (en cuanto a reducción del promedio máximo de rendimiento sostenible (PMRS), como se señala en la sección sobre aleta amarilla). Sin embargo, la reducción de la CPUE a menos de la mitad del nivel logrado cuando el esfuerzo era bajo puede indicar que la población se ha reducido a un nivel menor que el necesario para producir el PMRS. No obstante, el hecho de que las capturas se hayan duplicado con creces en el período 1965-1980 mientras la CPUE permaneció casi constante puede ser significativo y podría deberse a la intensificación de la pesca de patudo por parte de los pescadores palangreros debido a su precio elevado. Por ejemplo, es posible que el empleo de las artes palangreras de profundidad a fines de los años setenta haya mantenido la CPUE del patudo al mismo nivel mientras se reducía su abundancia. La incertidumbre en la interpretación de los datos también es producto del desconocimiento sobre el grado de intercambio entre los peces de la zona analizada y los de las zonas adyacentes.

#### ***Modelos con estructura de edades***

El modelo de rendimiento por recluta (un tipo de modelo con estructura de edades) proporciona información sobre el rendimiento por recluta previsible bajo diferentes combinaciones del esfuerzo de pesca y de la talla de entrada. Los datos usados corresponden a la longitud a la edad o el peso a la edad y datos sobre la mortalidad natural. Ambos tipos, particularmente los datos de mortalidad natural, son difíciles de estimar. No obstante, se calculó el rendimiento por recluta de patudo con respecto a varias combinaciones del esfuerzo de pesca ( $F$ ) y de talla de entrada. Los datos de longitud a la edad se obtuvieron a partir de la ecuación de crecimiento del patudo señalada en el Boletín de la CIAT, Volumen 11, No. 2. Puesto que, con los datos disponibles actualmente es imposible estimar en forma confiable el coeficiente de mortalidad natural ( $M$ ) del patudo, se emplearon valores experimentales anuales de 0.4, 0.6, 0.8 y 1.0. En la Figura 73 se presentan los resultados, con longitudes de entrada de 40 cm (4 libras o 2 k), 60 cm (12 libras o 5 k), 90 cm (38 libras o 17 k), 120 cm (87 libras o 40 k) y 150 cm (167 libras o 76 k) y los coeficientes anuales de la mortalidad por pesca ( $F$ ) de 0.1 a 1.6. En cada caso, el rendimiento por recluta fue mínimo a una talla de entrada de 150 cm, por lo que el estudio se limitará a los otros cuatro valores, 40, 60, 90 y 120 cm. A partir de las Figuras 71 y 16, pareciera que la mayoría del patudo capturado

por cerqueros y palangreros se recluta cuando mide entre aproximadamente 90 y 120 cm y entre 60 y 90 cm, respectivamente. Sin embargo, en 1980 y en el período 1982-1984, se capturaron en la pesca con cerco grandes cantidades de patudo entre los 40 y 60 cm. A un valor de  $M$  de 0.4, el rendimiento por recluta es casi igual para todas las tallas de entrada con relación a los valores de  $F$  hasta de 0.4. El rendimiento por recluta con valores de  $F$  de 0.6 o mayores, es menor para la talla de entrada de 40 cm, y con valores de  $F$  de 0.8 o superiores, el rendimiento por recluta es inferior para una talla de entrada de 60 cm. A un valor de  $M$  de 0.6, el rendimiento por recluta es casi el mismo para todos los valores de  $F$  en el caso de tallas de entrada de 60, 90 y 120 cm. Con referencia a valores de  $F$  hasta de 0.6, también son muy similares para una talla de entrada de 40 cm, pero con valores superiores el rendimiento por recluta es inferior. Con un valor de  $M$  de 0.8, el rendimiento por recluta es casi igual a todos los de  $F$ , sin miras a la talla de entrada. Con un valor de  $M$  de 1.0, el rendimiento por recluta es casi igual para todos los valores de  $F$  para tallas de entrada de 40, 60 y 90 cm, pero es menor en relación con una talla de entrada de 120 cm. En general, para los valores elevados de  $M$ , el rendimiento por recluta más alto se obtiene con tallas de entrada pequeñas o medianas (40, 60 y 90 cm), y para valores bajos de  $M$ , el mayor rendimiento se obtiene con tallas de entrada intermedias (90 y 120 cm). Aunque actualmente no se sabe cuál es el valor de  $M$  que más se aplica a la población de patudo explotada por la pesca epipelágica o palangrera del Pacífico oriental, lo más probable es que sea entre 0.6 y 0.8. A estos niveles, los análisis anteriores indican que el rendimiento por recluta alcanzaría el máximo a una talla de entrada que oscila entre unos 90 y 120 cm. Esto significa que la talla promedio de entrada correspondiente a la pesca epipelágica es inferior a aquella que lograría el máximo rendimiento por recluta mientras que la de la pesca palangrera es superior a esa talla. Sin embargo, se recalca que estas estimaciones se basan en datos inadecuados, por lo que son poco confiables. Además, aún si se supiera que estas estimaciones son confiables, sería casi imposible influir en la talla de entrada de estas pesquerías.

### ATUN ALETA AZUL DEL NORTE

Las capturas anuales de atún aleta azul del norte en el Océano Pacífico durante el período 1951-1986 se presentan en la Figura 74. Las artes epipelágicas son responsables de la mayoría de las capturas obtenidas en el Pacífico oriental y en el occidental. Las capturas del Pacífico occidental se incrementaron durante 1978-1983, después de un período de seis años de capturas escasas, pero disminuyeron nuevamente en 1984. Las capturas en el Pacífico oriental fueron escasas durante el período 1980-1984, pero mejoraron en 1985 y 1986.

El personal de la CIAT ha estudiado el atún aleta azul en forma reducida desde 1973. Hasta 1979 el personal obtenía datos de bitácora y medía muestras de peces capturados por embarcaciones cerqueras en el Pacífico oriental para determinar la composición de talla. Sin embargo, a partir de 1979 se han realizado más estudios. En 1979 se elaboró un análisis de los datos referentes a la evaluación de la población de esta especie (Informe Interno 12 de la CIAT). El Informe Anual de 1979 contiene

un resumen de parte de este análisis. Asimismo, en 1982, los datos de captura del atún aleta azul por zona, fecha, clase de arqueo, magnitud de cardumen, tipo del mismo, etc., fueron recopilados, analizados y publicados en la serie de boletines de la CIAT (Vol. 18, No. 2).

A pesar de que no se ha marcado atún aleta azul en el Pacífico oriental desde 1980, se ha continuado analizando estos datos en la medida de lo posible. En la Tabla 31 se resumen las principales liberaciones de peces marcados en el Pacífico oriental. Se han obtenido 10 recapturas del Pacífico occidental, todas ellas de peces que estuvieron en libertad más de 22 meses.

El marcado de atún aleta azul en el Japón fue llevado a cabo por empleados de la CIAT radicados allí en forma intermitente durante 1980-1982. Las recapturas obtenidas hasta ahora se presentan en la Tabla 32. Con anterioridad a estos experimentos solo se había logrado registrar dos atunes aleta azul liberados en el Pacífico occidental y recapturados en el Pacífico oriental.

Los peces de la generación de 1979, liberados durante enero-abril de 1980, aparecieron en el Pacífico oriental en el verano de 1981, aproximadamente un año y medio después, cuando estaban en su tercer año de vida. Los peces de la generación de 1981, liberados en julio-septiembre de 1981, aparecieron en el Pacífico oriental en el verano de 1982, aproximadamente un año después, cuando estaban en su segundo año de vida. Estos datos parecen indicar que parte de los peces que abandonan el Pacífico occidental durante el otoño, en su primer año de vida, pueden llegar al Pacífico oriental en el verano siguiente, pero que pocos o ninguno de los que permanecen en el Pacífico occidental hasta la primavera llegan al Pacífico oriental hasta el verano del año siguiente.

Los investigadores de la CIAT están preocupados por la escasa captura de aleta azul en el Pacífico oriental y occidental en algunos años y se ha prestado especial atención a las capturas escasas en el Pacífico oriental en el período 1980-1984. Se sabe que el desove en el Océano Pacífico ocurre sólo en las inmediaciones del Japón. Aparentemente, algunos peces permanecen toda su vida en el Pacífico occidental. Otros emigran al Pacífico oriental, tal vez en su mayor parte o totalmente durante el primer o segundo año de vida. Los que se desplazan durante el primer año se exponen a la pesca de arrastre (sedal con anzuelo y cebo) en verano y otoño dirigida al atún aleta azul pequeño y otras especies que se encuentran a la altura del Japón, antes de empezar su traslado al Pacífico oriental en otoño o a comienzos del invierno. Los que se desplazan en el segundo año de vida también están expuestos a la pesca invernal arrastrera y otras formas de pesca en las inmediaciones del Japón, antes de comenzar su traslado al Pacífico oriental, probablemente en el verano o el otoño. Después de atravesar el océano, los peces migrantes son pescados por las artes de cerco frente a California y Baja California. Tras una estadía en el Pacífico oriental, los sobrevivientes regresan al Pacífico occidental donde finalmente desovan. Se desconoce la duración de su estadía en el Pacífico oriental, pero es altamente probable que algunos peces permanezcan allí durante un período no inferior a los 2 años, ya que peces marcados en el Pacífico oriental han sido recapturados ahí mismo después de haber estado

hasta dos años en libertad. En el Pacífico oriental se capturan peces de 6 o 7 grupos de edad diferentes, y por consiguiente, es posible que algunos peces permanezcan allí por lo menos 5 o 6 años. No existen datos que permitan determinar si algunos de estos peces realizan más de un recorrido de ida y vuelta entre el Pacífico occidental y el oriental. Sin embargo, debido al alto índice de mortalidad y de gasto de energía que este viaje implica, es razonable pensar que sólo una pequeña proporción de los peces realiza este traslado.

Aún no se ha determinado si el atún aleta azul del Océano Pacífico constituye una población homogénea o si existen varias subpoblaciones; por lo tanto, en los siguientes párrafos se considerarán ambas posibilidades. Si existe una sola población homogénea, es probable que las condiciones oceanográficas determinen la cantidad de peces jóvenes del Pacífico occidental que intentan atravesar el océano; en cambio si hay subpoblaciones residentes y migratorias, podemos suponer que los peces migratorios responden a determinaciones genéticas que los inducen a desplazarse al Pacífico oriental y a regresar al punto de partida.

Se considerará primero la hipótesis de una sola población homogénea. La reducción en las capturas en el Pacífico oriental podría deberse a: (1) reducción de la existencia total de peces de más de 55 cm de talla, causada por la fuerte explotación frente al Japón de peces en su primer año de vida, (2) disminución de la disponibilidad en el Pacífico oriental (*e.d.* una merma en la parte de la población que se ha desplazado al Pacífico oriental o a una estadía promedio más corta en el Pacífico oriental de los peces que hicieron ese recorrido), (3) reducción del esfuerzo de pesca en el Pacífico oriental y/o (4) disminución de la vulnerabilidad de captura de los peces que se han desplazado al Pacífico oriental.

No es posible evaluar la primera posibilidad sin información más detallada sobre la captura de peces de diferentes tallas en el Pacífico occidental. Si la cantidad total de peces de más de 55 cm de talla hubiera sufrido una reducción general habrían disminuído las capturas en el Pacífico occidental, a menos que se hubieran capturado cantidades mucho mayores de pequeños atunes aleta azul o que hubiera aumentado la mortalidad relativa por pesca de peces grandes como resultado del incremento en el esfuerzo, aumento de la eficacia de las artes de captura de atún aleta azul de más de 55 cm, o mayor vulnerabilidad de los peces respecto a las artes debido a las condiciones oceanográficas. La disponibilidad de datos relativamente preliminares sobre las capturas de estos peces de varias tallas servirían para resolver este enigma.

Parece haber una correlación inversa entre las capturas de atún aleta azul en el Pacífico oriental y el occidental (Figura 75). Esto puede indicar que las condiciones oceanográficas limitaron la emigración de peces pequeños del Pacífico occidental desde fines del decenio pasado hasta comienzos de la década de 1980. Si existieran datos de la captura anual de peces de edad 0 en el Pacífico occidental sería posible compararlos con los de capturas realizadas uno o dos años después en el Pacífico oriental, pero desafortunadamente no se dispone de esos datos. Los datos de la frecuencia de talla del Pacífico oriental proporcionan información sobre la duración de la estadía normal en esa zona. El número de peces grandes y

pequeños en la captura durante el período 1980-1984, fue casi igual al de años anteriores, lo que indica que la estadía promedio en el Pacífico oriental no se ha acortado.

La cantidad de cerqueros de pequeño porte que, hasta fines de los años 70, lograban las mayores capturas de atún aleta azul en el Pacífico oriental, ha venido reduciéndose en los últimos años. En consecuencia, al analizar los datos sobre captura y esfuerzo se debe tratar de establecer hasta qué punto la reducción en las capturas se debe a la disminución del esfuerzo de los barcos de varios portes. Por consiguiente, se calculó el número de lances cerqueros, el número de lances cerqueros que produjeron capturas de atún aleta azul y el tonelaje capturado de esta especie por clase de arqueado de los barcos, correspondiente a la zona al norte de los 23°N y a los períodos de mayo-octubre, desde 1975 hasta 1984. Virtualmente todas las capturas de esta especie se obtienen al norte de los 23°N y la gran mayoría se logra durante el período mayo-octubre. El período 1975-1984 incluye tanto capturas normales como inferiores a lo normal. Algunos de los resultados obtenidos mediante el análisis de estos datos se presentan en la Figura 76. El número de lances de los barcos de la clase de arqueado 3, 4 y 5 se ha reducido en un 50%, en cambio el promedio de captura por lance positivo de aleta azul ha permanecido casi igual. Las reducciones más grandes son las que corresponden a la captura y a la porción de lances en que se captura aleta azul. Según estos datos pareciera que gran parte de la reducción de la captura de atún aleta azul se debe a una menor disponibilidad o vulnerabilidad de esta especie frente a la captura, y que la reducción del esfuerzo desempeña un papel menos significativo.

Puesto que no existen razones evidentes que indiquen que la vulnerabilidad de estos peces frente a la captura ha disminuido en el Pacífico oriental, se ha descartado esta posibilidad hasta que se obtengan pruebas de lo contrario.

A continuación se analizará la hipótesis de la existencia de más de una subpoblación. Si existe una subpoblación migratoria, la reducción de las capturas en el Pacífico oriental durante 1980-1984 puede deberse a: (1) una merma en la abundancia de la subpoblación migratoria, (2) una reducción en el esfuerzo de pesca en el Pacífico oriental o (3) una menor vulnerabilidad de los peces de la subpoblación migratoria frente a la captura en los últimos años. La segunda y la tercera posibilidad pueden ser responsables de parte de la merma, pero no de su totalidad, por las razones expuestas en el análisis de la primera hipótesis. En consecuencia, si la segunda hipótesis es correcta, quizás sea apropiado tomar algunas medidas para proteger a los peces de la subpoblación migratoria.

La información anterior indica por lo menos tres temas de investigación de alta prioridad. El primero sería determinar si existe una sola población homogénea o si hay subpoblaciones residentes y migratorias diferenciadas. Esto tal vez podría lograrse mediante estudios genéticos bioquímicos, pero dichos estudios serían costosos y tomarían mucho tiempo. El segundo tema consistiría en recolectar datos de la captura y la frecuencia de talla de las pesquerías japonesas y compararlos con los de la pesca cerquera en el Pacífico oriental. Es posible que esto sea relativamente fácil de llevar a cabo. El tercero sería analizar el rendimiento por



recluta. Esto se ha hecho usando sólo los datos de la Tabla 33. El origen de los datos de crecimiento con relación a la edad fue el siguiente:

Cómputo	Ecuación	Fuente
Crecimiento en longitud	$l_t = 219(1 - e^{-0.211t})$	Inf. Anual CIAT, 1984: 258
Relación talla-peso hasta mayo del tercer año de vida	$\log_e p = 3.40 \log_e l - 20.1$	Inf. Anual CIAT, 1980: 120
Relación talla-peso después de mayo del tercer año de vida	$\log_e p = 2.78 \log_e l - 7.67$	California Department of Fish and Game, datos inéditos

El coeficiente de mortalidad natural en términos anuales se fijó en 0.6 y los coeficientes de mortalidad por pesca de las diversas pesquerías se asignaron con base en la información de capturas a partir de las estadísticas de captura y la devolución de marcas. Las isolíneas del rendimiento por recluta derivadas a partir de estos datos aparecen en la Figura 77. Los resultados de estos análisis indican que, en los supuestos niveles actuales del esfuerzo de pesca, el rendimiento por recluta se incrementaría si la edad de ingreso a la pesquería se elevara a unos diez u once meses (alrededor de 35-39 cm). Se espera obtener los datos necesarios para proseguir con estas investigaciones.

## BARRILETE NEGRO

El barrilete negro constituye sólo una pequeña parte del desembarco total de atún capturado en el Pacífico oriental. Sin embargo, tiene importancia comercial en varios países latinoamericanos. Además, representa un recurso de magnitud importante que probablemente será explotado más fuertemente a medida que aumente la demanda de atún. Por consiguiente, es prudente saber lo más posible acerca de esta especie.

El conocimiento actual del barrilete negro proviene principalmente de los datos de bitácora de los barcos, de datos sobre el peso descargado en las enlatadoras, de estómagos, gónadas y medidas de peces obtenidas en las enlatadoras, de gónadas recolectadas en cruceros de marcado para estudios histiológicos, de prospecciones sobre huevos y larvas (orientadas principalmente a otras especies), de datos de recaptura de esta especie, marcados incidentalmente al marcar atún aleta amarilla o barrilete y de datos fisiológicos obtenidos en un crucero de marcado.

En la Tabla 1 se presentan los datos del barrilete negro desembarcado por barcos atuneros en 1972-1986. Estos datos sólo incluyen los peces desembarcados. (Se sabe que se capturan cantidades mayores, pero como no se descargan, éstas no se incluyen en las estadísticas). Además, esta especie es capturada por pequeños barcos que tienen su base en Latinoamérica, de los cuáles no se obtienen datos. En consecuencia, las capturas reales son superiores a las indicadas en la tabla. En la Figura 78 se presentan las zonas de captura desde 1980 a 1983, correspondiente a barcos de los que se obtuvieron datos de bitácora.

En el Informe Interno 17 de la CIAT se presenta un análisis de la relación entre peso y talla del barrilete negro, y en el Informe Anual de 1982 se presentan los datos de las distribuciones de frecuencia de talla, peso promedio, migraciones e índices de crecimiento por regiones geográficas. En un crucero de mercado realizado en 1981, se hicieron algunas observaciones sobre la habilidad natatoria, la temperatura del cuerpo y el tiempo requerido para la evacuación gástrica; el análisis de los resultados se publicó en una revista científica en 1984.

Se terminaron recientemente los estudios para determinar las zonas y la duración del desove, la talla al alcanzar la madurez sexual, la proporción de sexos, la fecundidad y frecuencia de desove; estos resultados serán publicados en 1987. El cálculo del potencial reproductivo tiene una importancia primordial en lo referente a la dinámica de la población de peces, ya que es un determinante básico de la productividad. Además, como la cantidad de peces de talla capturable, de los que puede disponer la pesca, depende en gran parte del desove y sobrevivencia durante las primeras etapas del ciclo vital, los estudios de este tipo pueden producir información valiosa para realizar pronósticos.

Se han recolectado grandes cantidades de larvas y especímenes juveniles de barrilete negro, junto con aquellas de otras especies de escómbridos (atunes y caballas) principalmente a la altura de América Central y cerca de la entrada del Golfo de California. Además, se han marcado 1,502 ejemplares de barrilete negro, habiéndose registrado la recaptura de 107 especímenes (Informe Anual de la CIAT de 1982). Los datos de larvas y especímenes juveniles, los datos de marcado y de bitácora, proporcionan los índices de abundancia del barrilete negro con relación a otras especies de escómbridos. Esta información parece indicar que la producción anual y potencial de esta especie es muy superior a los niveles actuales de desembarco.

Frente al laboratorio de Achotines de la CIAT (Panamá) se han capturado larvas y juveniles de barrilete negro con salabres durante salidas nocturnas. Uno de estos especímenes sobrevivió durante 136 días en cautiverio, pero murió al saltar fuera del tanque. El objetivo principal del proyecto de Achotines es estudiar las primeras etapas del ciclo vital de los atunes, y los estudios actuales sobre el barrilete negro proporcionarán información valiosa sobre esta especie y sobre los atunes en general.

**DIRECTOR**

**SCIENTIFIC-CIENTIFICO**

Senior Scientists–Científicos Principales

Alexander Wild, Ph.D. (University of British Columbia)  
Biology – Biología

Alejandro A. Anganuzzi, Lic. (Universidad Nacional de Mar del Plata)  
Biology – Biología

- Thomas P. Calkins, B.S. (University of Washington)  
Biology –Biología
- Edward H. Everett, B.S. (San Jose State University)  
Biology: statistics –Biología: estadísticas
- Kenneth R. Feng, B.S. (Yenching University)  
Biology: statistics –Biología: estadísticas  
(San Pedro, California)  
(to January 31 hasta el 31 de enero)
- Terry J. Foreman, M.S. (San Diego State University)  
Biology –Biología
- Michael G. Hinton, M.S. (University of Washington)  
Biology: statistics –Biología: estadísticas  
(from June 23 desde el 23 de junio)
- James M. Ianelli, B.S. (Humboldt State University)  
Biology –Biología  
(Acholines, Panama)  
(to January 13 hasta el 13 de enero)
- Milton F. López, B.S. (University of Rhode Island)  
Computer science –Ciencia de computadoras
- Ashley J. Mullen, B.A. (University of Warwick)  
Biology: mathematics –Biología: matemática
- Richard G. Punsly, M.S. (University of Washington)  
Biology: population dynamics –Biología: dinámica de poblaciones
- Kurt M. Schaefer, M.S. (San Diego State University)  
Biology –Biología
- Vernon P. Scholey, B.S. (University of Washington)  
Biology –Biología  
(Acholines, Panama)
- Michael D. Scott, M.A. (University of California at Los Angeles)  
Biology –Biología
- Gayle Ver Steeg, B.S. (Iowa State University)  
Computer programmer –Programadora de computadoras

#### Assistant Scientists–Ciéntificos Auxiliares

- David R. Cormany, B.A. (Western Washington University)  
Biology –Biología  
(from April 1 desde el 1 de abril)
- Richard J. Lindsay, B.S. (Long Island University)  
Biology –Biología  
(from February 10 desde el 10 de febrero)
- Andris Purmalis, B.S. (University of Michigan)  
Biology: statistics –Biología: estadísticas  
(Panama, R.P.)

Lesly Rodriguez, Lic. (Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua)  
 Biology –Biología

Karen L. Smith, M.A. (University of Aberdeen)  
 Biology: mathematics –Biología: matemática  
 (from July 1 desde el 1 de julio)

# **TECHNICAL-TECNICO**

Ernesto Altamirano Nieto  
 Waterfront contact: laboratory technician  
 –Representante en el muelle: técnico de laboratorio  
 (Ensenada, Mexico)  
 (from July 1 desde el 1 de julio)

Javier Barandiarán, B.A.C (Universidad de Puerto Rico)  
 Waterfront contact: laboratory technician  
 –Representante en el muelle: técnico de laboratorio

Julio Carranza  
 Waterfront contact: laboratory technician  
 –Representante en el muelle: técnico de laboratorio  
 (Coishco, Peru)

Nannette Y. Clark  
 Statistical technician –Técnica en estadísticas

Leonardo Garcia, Lic. (Universidad de Guayaquil)  
 Waterfront contact: laboratory technician  
 –Representante en el muelle: técnico de laboratorio  
 (Manta, Ecuador)  
 (from January 1 desde el 1 de enero)

Rafael A. Gaudier, B.B.A. (Universidad de Puerto Rico)  
 Waterfront contact: laboratory technician  
 –Representante en el muelle: técnico de laboratorio  
 (Mayaguez, Puerto Rico)

Juan A. Gracia, J.D. (Catholic University of Puerto Rico)  
 Waterfront contact: laboratory technician  
 –Representante en el muelle: técnico de laboratorio  
 (Mayaguez, Puerto Rico)

Christopher Hazell  
 Diesel mechanic –Mecanico de diésel  
 (Achoyines, Panama)  
 (from January 1 desde el 1 de enero)

Craig F. Heberer, B.S. (Humboldt State University)  
 Waterfront contact; laboratory technician  
 –Representante en el muelle: técnico de laboratorio  
 (Manta, Ecuador)

Cutberto Hernandez M., B.S. (Universidad de Baja California)  
 Waterfront contact: laboratory technician  
 –Representante en el muelle: técnico de laboratorio  
 (Ensenada, Mexico)

- Kevin C. McCarthy, B.S. (Cornell University)  
Scientific technician -Técnico científico
- C. Anibal Orbes A.  
Waterfront contact: laboratory technician  
-Representante en el muelle: técnico de laboratorio  
(Manta, Ecuador)
- Eric E. Pedersen, B.S. (Humboldt State University)  
Waterfront contact: laboratory technician  
-Representante en el muelle: técnico de laboratorio  
(Ensenada, Mexico)
- Raymond C. Rainey  
Waterfront contact: laboratory technician  
-Representante en el muelle: técnico de laboratorio
- Jorge L. Sayegh, Ocean. (Universidad de Oriente)  
Waterfront contact: laboratory technician  
-Representante en el muelle: técnico de laboratorio  
(Cumaná, Venezuela)
- Osvaldo A. Silva, Ict. Pis. (Instituto de Altos Estudios de la Técnica en la  
Industria y Economía Pesquera, Astrakhan, USSR)  
Waterfront contact: laboratory technician  
-Representante en el muelle: técnico de laboratorio  
(Panama, R.P.)

#### ADMINISTRATIVE-ADMINISTRATIVO

- Magdalena Barandiarán  
Bilingual secretary -Secretaria bilingüe  
(to July 31 hasta el 31 de julio)
- Lucy Dupart  
Technical translator -Traductora técnica
- Elizabeth J. Hubert  
Switchboard operator -Telefonista
- James M. Lannon  
Administrative assistant -Ayudante administrativo
- Regina A. Newman  
Bilingual secretary to the Director -Secretaria bilingüe del Director
- Edwige C. Teran  
Bilingual secretary -Secretaria bilingüe  
(from July 1 to October 15 desde 1 de julio hasta el 15 de octubre)

\* All staff members at La Jolla unless otherwise noted

\* Todo el personal de La Jolla, a menos que se indique lo contrario

APPENDIX 2-ANEXO 2  
**INTER-AMERICAN TROPICAL TUNA COMMISSION-COMISION INTERAMERICANA DEL ATUN TROPICAL**  
**Balance Sheet, September 30, 1986-**  
**Balance General, 30 de Septiembre de 1986**

<i>Assets-Activo</i>	
Current assets-Activo circulante	
Cash-Efectivo	\$ 814,382
Accounts receivable-Cuentas por cobrar	16,909
Advances and deposits-Anticipos y depósitos	64,352
Total current assets-Activo total circulante	895,643
Real property, at cost-Propiedad raíz, al costo	325,775
	<u>\$1,221,418</u>
<i>Liabilities and Fund Balances-Pasivo y balance de los fondos</i>	
Current liabilities-Pasivo circulante	
Accounts payable-Cuentas por pagar	30,600
Accrued expenses-Gastos acumulados	230,484
Deferred revenue-Ingresos diferidos	46,358
Total current liabilities-Pasivo total circulante	307,442
Fund balance-Balance de los fondos	
General fund (deficiency)-Fondo general (déficit)	(588,201)
Real property fund-Fondo propiedad raíz	325,775
Total fund balance-Balance total de los fondos	913,976
	<u>\$1,221,418</u>

**INTER-AMERICAN TROPICAL TUNA COMMISSION-COMISION INTERAMERICANA DEL ATUN TROPICAL**

**Statement of Changes in Financial Position for the Year Ended September 30, 1986-**

**Declaración de cambios en la situación financiera correspondiente**

**al Año Fiscal que termina el 30 de Septiembre de 1986**

Sources of working capital-Origen del capital de trabajo	
Excess of revenues over expenses-Exceso de gastos sobre los ingresos	\$ 680,612
Increase in working capital-Aumento en el capital de trabajo	680,612
Uses of working capital-Utilización del capital de trabajo	
Deficiency of revenues over expenses-Déficit de ingresos sobre los gastos	-
Decrease in working capital-Reducción del capital de trabajo	-
Changes in components of working capital-Cambios en los componentes del capital de trabajo	
Increase (reduction) in current assets-Aumento (reducción) del activo circulante	
Cash-Efectivo	368,223
Certificates of deposit-Certificados de depósito	300,863
Accounts receivable-Cuentas por cobrar	8,072
Advances and deposits-Anticipos y depósitos	3,533
	680,691
Increase (decrease) in current liabilities-Aumento (reducción) en el pasivo circulante	
Accounts payable-Cuentas por pagar	(21,600)
Accrued expenses-Gastos acumulados por pagar	(24,679)
Deferred revenue-Ingresos diferidos	46,358
	79
Increase (decrease) in working capital-Aumento (reducción) en el capital de trabajo	\$ 680,612



**INTER-AMERICAN TROPICAL TUNA COMMISSION-COMISION INTERAMERICANA DEL ATUN TROPICAL**  
**Statement of Revenue and Expenses for the Year Ended September 30, 1986-**  
**Declaración de ingresos y gastos correspondiente al Año Fiscal que termina el**  
**30 de Septiembre de 1986**

*Revenue-Ingresos*

Government contributions for joint expenses-Contribuciones de los gobiernos a los gastos combinados	
United States of America-Estados Unidos de América	\$2,648,000
Japan-Japón	84,429
France-Francia	33,979
Nicaragua	-
Panama-Panamá	1,000
Total contributions-Contribuciones totales	2,767,408
Contract revenue-Ingresos por contrato	121,965
Interest income-Ingresos por interés	36,644
Other revenue-Otros ingresos	172,985
Total revenue-Ingreso total	3,099,002

*Expenses-Gastos*

Salaries-Sueldos	1,344,881
Employee benefits-Beneficios laborales	299,366
Contract expenses-Gastos por contratos	193,070
Travel expenses-Gastos de viajes	167,539
Scientific technician costs-Gastos de los técnicos científicos	87,419
Printing and postage-Imprenta y franqueo	54,506
Legal and professional-Legales y profesionales	10,592
Materials and supplies-Materiales y suministros	183,258
Rent and utilities-Renta y servicios públicos	36,024
Insurance and taxes-Seguros e impuestos	18,772
(Gain) loss on foreign currency translation-(Ganancia) pérdida cambio moneda extranjera	9
Tag rewards-Recompensa por marcas de peces	706
Miscellaneous-Miscelánea	22,248
Total expenses-Gastos totales	2,418,390
Excess (deficiency) of revenue over expenses-Exceso (déficit) de gastos sobre ingresos	680,612

INTER-AMERICAN TROPICAL TUNA COMMISSION-COMISION INTERAMERICANA DEL ATUN TROPICAL

Statements of Changes in Fund Balances for the Year Ended September 30, 1986-

Declaración de cambios en el Balance de los Fondos correspondiente al

Año Fiscal que termina el 30 de Septiembre de 1986

	Unrestricted fund balance- Balance ilimitado de los fondos	Real property fund- Fondo propiedad raíz	Total
Balance (deficiency) at September 30, 1984-			
Balance (déficit) hasta el 30 de septiembre de 1984	\$ (65,803)	325,775	259,972
Excess of expenses over revenue Exceso de gastos sobre los ingresos	(26,608)	-	(26,608)
Balance (deficiency) at September 30, 1985-			
Balance (déficit) hasta el 30 de septiembre de 1985	(92,411)	325,775	233,364
Excess of revenue over expenses Exceso de ingresos sobre los gastos	680,612	-	680,612
Balance (deficiency) at September 30, 1986			
Balance (déficit) hasta el 30 de septiembre de 1985	588,201	325,775	913,976

## APPENDIX 3-ANEXO 3

PUBLICATIONS BY IATTC STAFF MEMBERS RECEIVED DURING 1986  
PUBLICACIONES POR PERSONAL DE CIAT RECIBIDO DURANTE 1986

## Annual report-Informe anual

1985

## Bulletin-Boletín

Wild, A. 1986. Growth of yellowfin tuna, *Thunnus albacares*, in the eastern Pacific Ocean based on otolith increments-Crecimiento del atún aleta amarilla, *Thunnus albacares*, en el Oceano Pacífico oriental, basado en los incrementos del los otolitos. Vol. 18, No. 6.

## Book-Libro

Joseph, James, Witold Klawe y Pat Murphy. 1986. Atunes y Peces Espada-los Peces sin Patria. Comisión Interamericana del Atún Tropical, La Jolla, California: vii, 46 pp.

## Outside journals-Revistas externas

Joseph, James. 1985. Commentary. In Krueger, Robert B., and Stefan A. Riesenfeld (editors), The Developing Order of the Oceans, Law of the Sea Inst., Proc., William S. Richardson School of Law, University of Hawaii: 632-636.

Schaefer, Kurt M. 1986. Lethal temperatures and the effect of temperature change on volitional swimming speeds of chub mackerel, *Scomber japonicus*. Copeia, 1986(1): 39-44.

Joseph, James. 1986. Recent developments in the fishery for tropical tunas in the eastern Pacific Ocean. Proc. INFOFISH Tuna Trade Conference, Bangkok, Thailand: 8-17.

Hall, M.A., and S.D. Boyer. 1986. Incidental mortality of dolphins in the eastern tropical Pacific tuna fishery: description of a new method and estimation of 1984 mortality. Int. Whaling Comm., Rep. Comm., 36: 375-381.

Calaprice, J.R. 1986. Chemical availability and stock variation in northern Atlantic bluefin tuna. Inter. Comm. Cons. Atl. Tunas, Coll. Vol. Sci. Pap., 24: 222-254.

Olson, Robert J., and Ashley J. Mullen. 1986. Recent developments for making gastric evacuation and daily ration determinations. Environ. Biol. Fishes, 16(1-3): 183-191.

Mullen, Ashley J. 1986. The effect of the choice of evacuation model on the estimation of feeding rate. Environ. Biol. Fishes, 16(1-3): 213-217.

Olson, Robert J., and Christofer H. Boggs. 1986. Apex predation by yellowfin tuna (*Thunnus albacares*): independent estimates from gastric evacuation and stomach contents, bioenergetics, and cesium concentrations. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 43(9): 1760-1775.

- Klawe, W.L. 1986. [Letter to the editor]. *Pac. Fishing*, 7(11): 6-7.
- Joseph, J. 1986. Dinámica de la pesca del atún aleta amarilla en el Océano Pacífico oriental [extracto]. *Acad. Ciencias Cuba, Simposio de Ciencias del Mar y VII Jornada Científica del Instituto de Oceanología XX Aniversario*.
- Hall, M.A., and A.A. Anganuzzi. 1986. Breve revisión de la aplicación de técnicas de remuestreo a problemas de manejo de recursos pesqueros [extracto]. *Acad. Ciencias Cuba, Simposio de Ciencias del Mar y VII Jornada Científica del Instituto Oceanología XX Aniversario*.
- Hunter, John R., A.W. Argue, William H. Bayliff, Andrew E. Dizon, Alain Fonteneau, Daniel Goodman, and Gunter R. Seckel. 1986. The dynamics of tuna movements: an evaluation of past and future research. *FAO Fish. Tech. Pap.*, 277: vi, 78 pp.
- Bayliff, William H., and Kim N. Holland. 1986. Materials and methods for tagging tunas and billfishes, recovering the tags, and handling the recapture data. *FAO Fish. Tech. Pap.*, 279: v, 36 pp.
- Majors, Anthony P., and Forrest R. Miller. 1986. Summary of the 1985 North Pacific albacore fishery data. *U.S. Nat. Mar. Fish. Serv., Admin. Rep.*, LJ-86-10: ii, 45 pp.
- Staff members of the Southwest Fisheries Center (NMFS) and Inter-American Tropical Tuna Commission. 1986. A guide to shipboard identification of spinner and spotted dolphin schools (Genus *Stenella*) in the eastern and central tropical Pacific Ocean. *U.S. Nat. Mar. Fish. Serv., Admin. Rep.*, LJ-86-30: 23 pp.
- Greenough, Joseph W., and James Joseph. 1986. International management of the highly migratory tunas and billfishes. In Hinman, Kenneth A. (coordinator) and Richard H. Stroud (editor), *Multi-jurisdictional Management of Marine Fisheries, Proceedings of the Eleventh Annual Marine Recreational Fisheries Symposium, Tampa, Florida, May 1-2, 1986, National Coalition for Marine Conservation, Inc., Savannah, Georgia*: 121-138.